ДИТЯЧА ЕНЦИКЛОПЕДІЯ

# АСТРОНОМІЯ

Для дітей середнього шкільного віку

**СОНЯЧНА СИСТЕМА**

**ЗІРКИ ТА СУЗІР'Я**

**ГАЛАКТИКИ — ОСТРОВИ У ВСЕСВІТІ**



**ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ**

**КОСМІЧНІ КАТАСТРОФИ**

**АСТРОНОМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

**ПОДІЇ НА НЕБІ**

Харків
«ФОЛІО»
2005

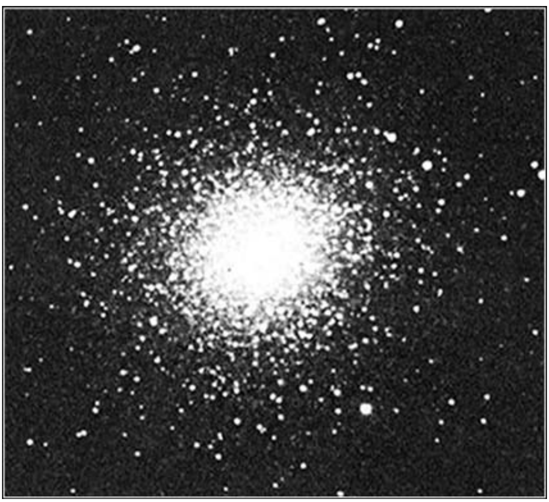
*Тим, хто ще дивиться на небо,*
*як на Великий Безлад, —*
*майбутнім аматорам астрономії —*
*присвячується...*

## Наука про минуле

Трохи дивно, але якщо перекласти вислів «наука про зорі» латиною, то ми отримаємо не астрономію, а астрологію... Так, ми отримаємо слово, що тепер нами сприймається, як учення про вплив Всесвіту на наше життя, долю — на все, що відбувається навколо нас. Офіційна наука не визнає цього вчення і називає його псевдонаукою.

Залишимо цю суперечку людям, які в ній вбачають хоч якийсь сенс. Ми ж можемо сказати тільки одне: Всесвіт дійсно здатний вплинути на кожного з нас. Але не тим, як розташовані зорі або планети під час нашого народження, а тим, що вони там просто є!

Коли б ви не почали читати цю книгу, погляньте на зоряне небо над вашою головою — і воно допоможе вам звернути увагу на світ, що вас оточує! Зробіть це саме сьогодні. Коли сяде Сонце, вийдіть на вулицю і підніміть очі догори, у безкрайнє зоряне небо. Що ви бачите? Десятки, сотні, тисячі сяючих діамантів, що купами розкинуті чорною оксамитовою гладдю нічного неба! Шалений безлад, вражаючий безлад. І цей Великий Безлад, що створила Природа, кличе нас у глибини своїх таємниць.


*Кульове зоряне скупчення M2 в сузір'ї Водолія*

Коли дивишся на цю величну картину Всесвіту, десь углибині народжується думка: яким продуманим повинен бути план, щоб увесь цей Великий Безлад не розпав-

ся! Коли розумієш, що на безмежно малій частинці Всесвіту народилася та розігрується багатовікова історія життя, виникає питання: як це трапилося? Невже раптом?

І ось ми вже запитуємо себе про найголовніше: а яке саме моє місце у цьому Всесвіті?

Астрономія — це наука великих чисел, це царство великих розмірів та великих відстаней. Навіть Сонце ми бачимо таким, яким воно було понад вісім хвилин тому. Від найближчої до нас зірки — Проксими Центавра — світло подорожує до нас понад чотири роки. Для того, щоб дістатися до межі Всесвіту, який ми маємо змогу спостерігати, світлу знадобиться 12 мільярдів років! І ми не маємо жодного способу чи приладу, щоби придивитись і побачити, що відбувається десь там саме зараз.

Колись було сказано: «Людина, що не знає свого минулого, не має майбутнього». Астрономія — це наука про минуле. Тож пізнаймо її, щоб впевнено будувати наше майбутнє!

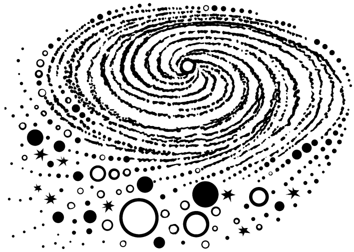
Успіхів вам і чистого неба!

# I

## ПОГЛЯД ІЗ СЕРЕДИНИ



*Десь там далеко щось надзвичайне чекає на те, щоб бути вивченим.*
К. Саган



Вивчити все — неможливо. Мабуть, це вже зрозумів кожен із вас. Але ж це не значить, що ми не можемо знати багато. Можливості нашого мозку майже необмежені — недарма вчені кажуть, що ми використовуємо їх лише на 3—5 відсотків. Тож як бути?

Звичайно, щоб пояснити якусь закономірність, цікавий факт, не обов'язково треба щось вивчати напам'ять: можна просто замислитись і спробувати зрозуміти, чому все виходить саме так, а не інакше. І астрономія — наука про минуле — надає нам таку можливість: спостерігати і розуміти.

Давайте зробимо цей крок. Пильний і допитливий — погляд із середини.

## Відкриваючи Всесвіт

Як істина — єдина, а правда для кожної людини — своя, так і у кожного з вас буде свій Всесвіт. І уявляти його кожен з вас буде по-своєму. Але ж давайте проведемо невеличку екскурсію, щоб зрозуміти, як збудований наш Всесвіт, із чого він складається і де ми з вами в ньому розташовані.



*Кількість зірок у Всесвіті перевищує кількість піщинок на всіх пляжах Землі*

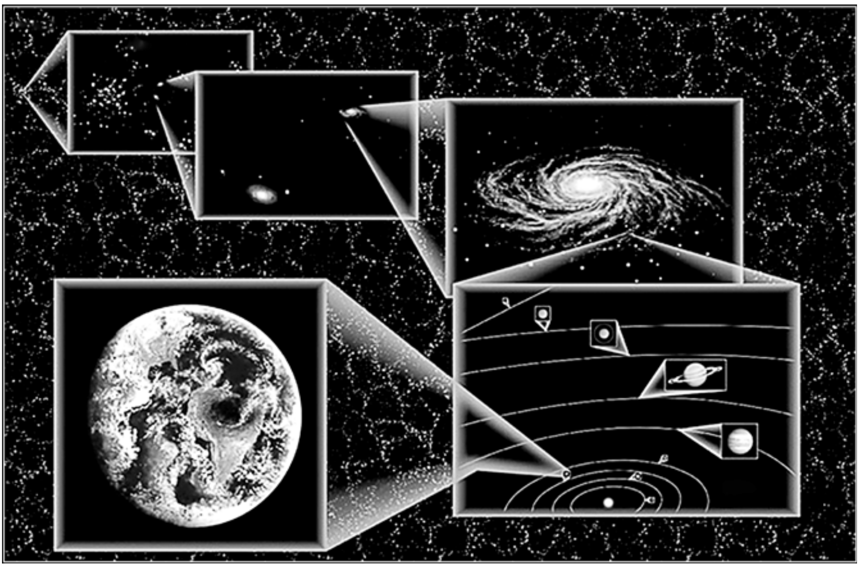
Якщо ви уважно поспостерігаєте за небом, то, напевне, зрозумієте, чому багато

століть наші предки вважали Землю центром Всесвіту. Неважко побачити, що й насправді все на зоряному небі нібито рухається навколо нас. Але ж нині ми точно знаємо, що це не так. Наша Земля — усього лише одна з дев'яти великих планет Сонячної системи, що обертаються майже круговими орбітами навколо центральної зірки — Сонця. Остання, в свою чергу, є всього лише посередньою зорею, яких у Всесвіті мільйони і мільярди.

Історичний шлях, який пройшло людство протягом багатьох віків до розуміння саме цієї загальновизнаної тепер моделі, був довгим і тяжким. Він складався з відданості та інтелектуальних зусиль тисяч людей — учених, філософів тощо. Ми ще неодноразово побачимо, як їхні відкриття часом буквально перевертали догори ногами людське світосприйняття та погляди на Всесвіт.

То ж який він, цей Всесвіт, котрий ми маємо змогу розуміти завдяки всім цим людям? Яке наше місце у ньому? Яка наша справжня космічна адреса?

Як ми вже згадували трохи вище, Земля — це планета: помірно великий об'єкт, що рухається своєю власною орбітою навколо зірки (в нашому випадку ця зірка — Сонце). Разом з нашою планетою ми входимо до ансамблю 9 великих планет, більш ніж 50 їхніх супутників, а також сотень тисяч малих планет — астероїдів, — комет та інших малих тіл. Увесь цей комплекс ми називаємо Сонячною системою.

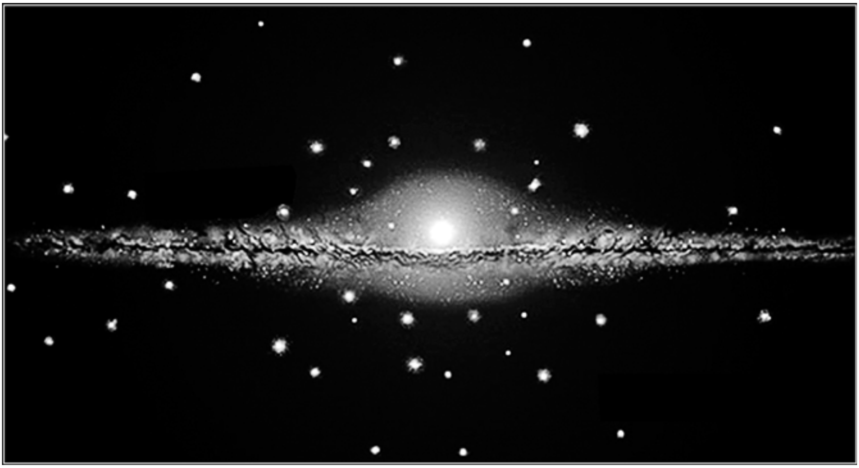


*Земля — частина складної багаторівневої системи, ім'я якій — Всесвіт*



*Фрагмент Молочного Шляху на небі Землі*

Сонце — це звичайнісінька зірка, саме така, як багато зірок на небосхилі, які ми бачимо кожного вечора. Воно, як і всі зорі, що ми маємо змогу спостерігати неозброєним оком, — це лише маленька частина величезного дископодібного скупчення зірок, що називається Галактикою. Вийдіть надвір одного разу в ясну ніч, краще за все — у серпні. Погляньте вгору: через усе небо проходить світла смуга, що здається якимось дивним та майже чарівним сяйвом. Якщо направити бінокль або телескоп на будь-яку ділянку цієї смуги, то ви станете свідком вражаючого видовища. Це сяйво не є чимось іншим, як скупченням багатьох тисяч зірок, що прокладають на нашому небі так званий Молочний Шлях (який ще називають Чумацьким Шляхом). Це — ребро нашої Галактики, яка теж отримала назву Молочний Шлях. Галактика — це великий зоряний острів в океані Всесвіту, що складається з мільйонів зірок. Молочний Шлях — порівняно велика галактика, вона нараховує близько 100 мільярдів зірок. Наше Сонце знаходиться майже на половині шляху від галактичного центру до країв нашої Галактики. Багато зірок у Молочному Шляху, як і в інших галактиках, згруповуються в зоряні скупчення. У ясну ніч за допомогою бінокля ви зможете побачити багато дуже красивих представників цього класу об'єктів зоряного неба!



*Більшість світла приходить від зірок та газу, що знаходяться в галактичному диску*

Як і зорі, більшість галактик теж мають схильність до об'єднання в групи. Так, Молочний Шлях входить до групи, яка нараховує близько 30 галактик і називається Місцевою Групою.

Якщо подивитися на змальовану нами картину в великому масштабі, то Всесвіт можна представити як простір, у якому галактики та галактичні скупчення навмання розподілені у різноманітні шаруваті та іншого характеру угруповання. Такі структури ми називаємо надскупченнями. Майже напевне ви вже здогадалися, що надскупчення, до якого належить наша Місцева Група, називається Місцевим Надскупченням. Поміж цих величезних за своїми розмірами структур знаходяться пустоти, заповнені іноді поодинокими галактиками.

І, нарешті, ми з вами дійшли до кінцевої і найвеличнішої точки нашої ієрархії. Всесвіт — це повний комплекс усієї матерії та енергії, що включає в себе надскупчення та пустоти, а також усе, що знаходиться всередині. І уявіть собі, що все це величезне творіння природи перебуває в постійному русі, від якого як тільки в голові не паморочиться!

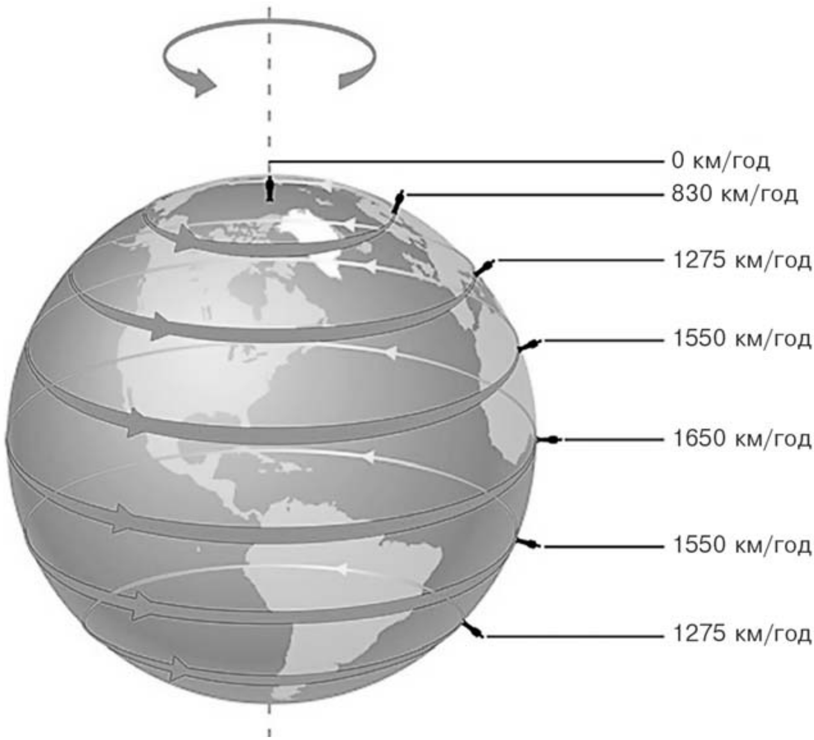
## Шалений хоровод, або Наше місце у Всесвіті

Ви любите швидкість? Це захоплююче відчуття, коли тебе відносить кудись дуже далеко. Ми можемо переживати це відчуття знову і знову, і воно завжди буде чимось відрізнятися. Але ми

можемо відчувати швидкість і сидячи на місці. Як? Дуже просто — у перегонах за новими знаннями!

Певно, вам зараз здається, ніби ви просто сидите та читаєте цю книгу. Але ж ви просто не уявляєте собі, в якому шаленому хороводі берете участь від самого вашого народження дотепер і братимете у майбутньому.

По-перше, наша рідна планета обертається навколо власної осі, що спричиняє зміну дня і ночі. Як вам, напевне, відомо, наша планета робить один оберт за 24 години. Сферична форма Землі спричиняє різну швидкість обертання для спостерігачів, що знаходяться на різних широтах. Так, для точки, що відповідає нульовій широті (Північний або Південний полюси) швидкість, зумовлена добовим обертанням Землі, дорівнюватиме 0 км/год. На екваторі ж вона, навпаки, буде максимальною — близько 1650 км/год. Для спостерігача, що знаходиться на широті нашої держави (біля 50° північної широти), швидкість, спричинена добовим обертанням, дорівнюватиме близько 1300 км/год.




*На різних широтах ми обертаємося з різною швидкістю*




*Земля обертається навколо Сонця зі швидкістю понад 100 тисяч кілометрів за годину!*

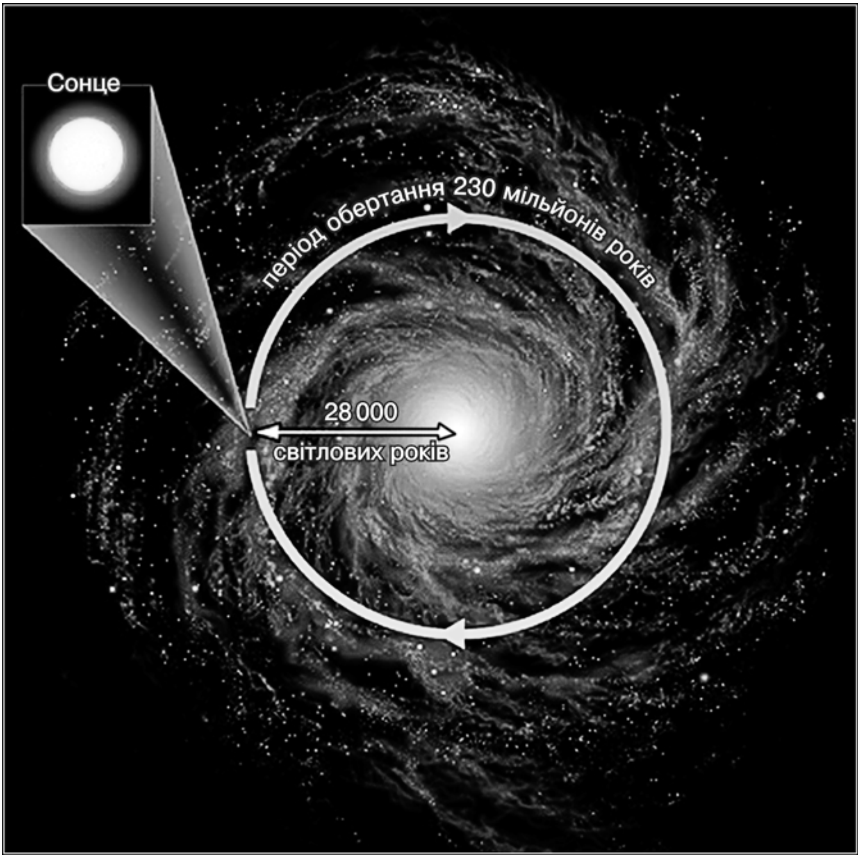
Тобто тільки тому, що Земля обертається навколо своєї осі, ви постійно рухаєтеся зі швидкістю, близькою до швидкості надзвукового лайнера!

Але це ще не все. Земля, по-друге, обертається навколо Сонця, що призводить до змін пір року на нашій планеті. Орбіта Землі майже кругова: максимального віддалення від Сонця ми досягаємо у червні, коли наша планета відходить від нього на 152,1 мільйона кілометрів, а максимально наближаємося до Сонця у грудні на відстань близько 147,1 мільйона кілометрів. Середня наша відстань від Сонця, таким чином, сягає 149,6 мільйонів кілометрів. Це — одна з фундаментальних величин у сучасній астрономії, яка отримала назву «астрономічна одиниця» (скорочено а. о.). Середня швидкість обертання Землі своєю навколосонячною орбітою дорівнює 108 000 км/год. Додайте це до осьового обертання! Відчуваєте швидкість?

І, нарешті, по-третє, наша Сонячна система обертається навколо центра Галактики. Звісно, видимі швидкості обертання будуть різними і залежатимуть від того, відносно чого ця швидкість вимірюється. Наприклад, якщо взяти найближчі до нас зорі, то ми будемо рухатися повз них зі швидкістю близько 70 000 км/год — це майже в 3 рази швидше за супутники, що обертаються навколо Землі! Але ж усі зорі знаходяться у постій-

ному русі, тому сказати, що ми рухаємося відносно них, буде так само вірно, як і сказати, що вони пролітають повз нас. Якщо зорі летять із такими шаленими швидкостями, чому ж ми не бачимо, як вони рухаються на небі? Справа в тому, що вони знаходяться дуже далеко від нас. Справді, якщо ви подивитеся на те, як летить на небі літак, то ніколи, мабуть, не скажете, що він рухається дуже швидко. Проте це буде просто обман зору. Насправді для того, щоб помітити переміщення зірок на небі, потрібні спостереження протягом тисяч років.

Але повернемося до нашого хороводу. Якщо ми обчислимо, з якою швидкістю Сонячна система обертається навколо центра Галактики, то отримаємо дуже велике число: 1 000 000 км/год!




*Один оберт навколо центра Галактики Сонце робить за 230 мільйонів років*

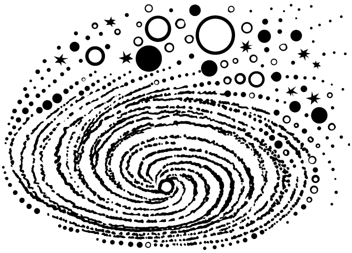
Ці неймовірні швидкості, а також таємничі закони, яким вони підкоряються, ставлять нас перед великою загадкою Всесвіту: відносність швидкості, гравітація та проблема темної маси Всесвіту. Адже всі зорі, планети та менші формування складають лише частину «айсберга» величезної прихованої маси безмежного простору навколо нас.

# II

# ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ АСТРОНОМІЇ



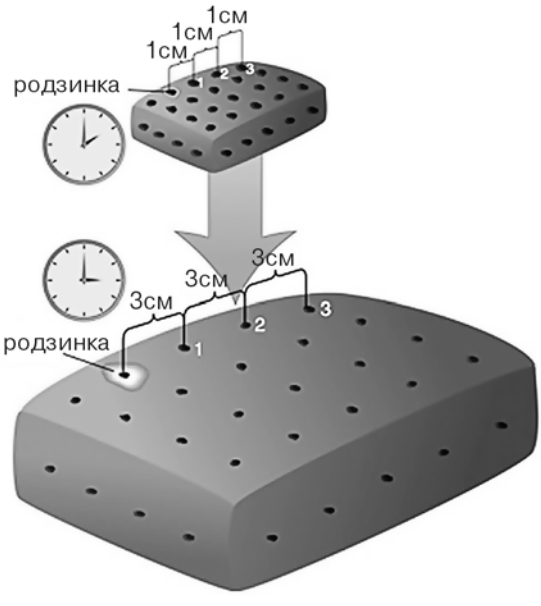
*Ми будемо мандрувати думкою,*
*І в кінці блукань прийдемо*
*Туди, звідки ми вийшли,*
*І побачимо свій край уперше.*
Т. Еліот



Астрономія — наука, що дає нам змогу проникнути в глибини таємниць створення. Проте ті надзвичайні й інколи зовсім незрозумілі з точки зору сучасної науки умови, що панували за прадавніх в астрономічному розумінні часів, а також специфіка опису астрономічних об'єктів і явищ сьогодні, спонукають ознайомитися з деякими найважливішими поняттями та концепціями. Цей розділ покликаний допомогти вам зрозуміти астрономію і полегшити подальше знайомство з нею.

## Народження Всесвіту: Великий Вибух

Як так сталося, що народився Всесвіт? І невже це сталося за мить? Ми не маємо змоги сказати і стверджувати напевне, але людство здавна цікавило це питання. Адже для того, щоб іти вперед, цілком логічно прагнути пізнати свої корені, свою історію — від самого початку. Тож, маючи за плечима досвід багатьох поколінь, зробимо стислий огляд наукової історії народження Всесвіту.

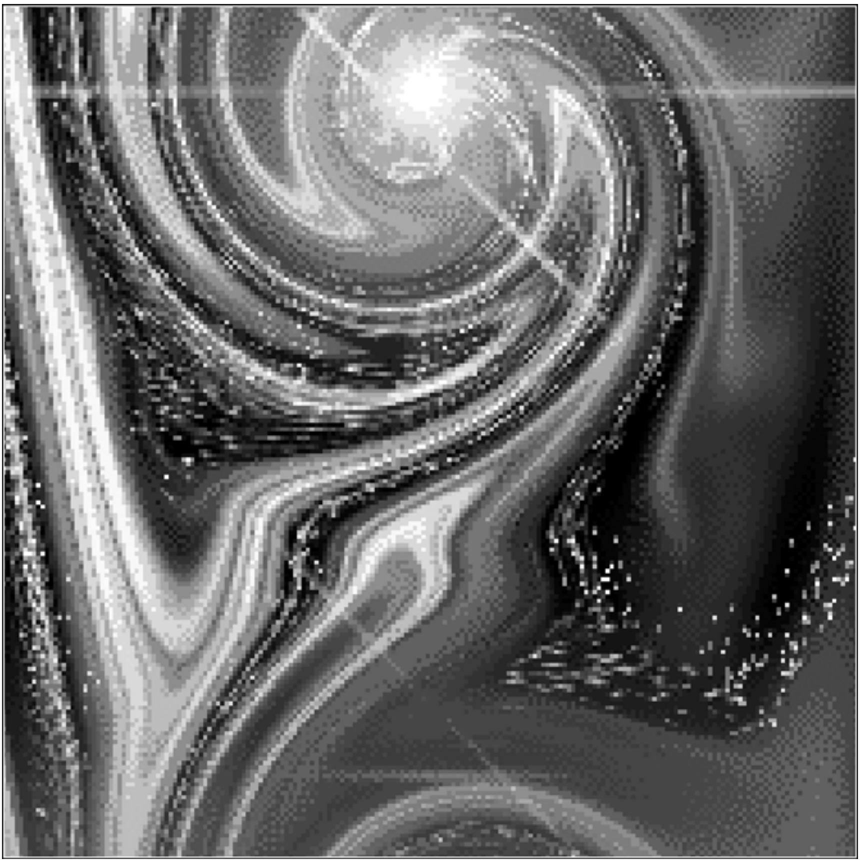



*Як родзинки у дріжджовому пирозі, об'єкти у Всесвіті все більше віддаляються один від одного*

З даних спостережень віддалених об'єктів зоряного неба ві-

домо, що Всесвіт перебуває в стані постійного розширення. Тобто середні відстані між галактиками з часом зростають. Дослідивши швидкість зростання міжгалактичних відстаней, вчені дійшли висновку, що розширення розпочалося приблизно 12 — 16 мільярдів років тому найдраматичнішою подією в історії нашого Всесвіту, яка отримала назву Великого Вибуху.

Сучасний прогрес фізики та інших наук дозволяє нам наблизитися до розкриття головної таємниці народження Всесвіту на безпрецедентно малий час: тепер ми вже можемо зробити спробу моделювання тих процесів, що відбувалися всього через одну мільярдну секунди після Великого Вибуху! Але і це ще не все. Беручи до уваги певні припущення, ми можемо уявити собі деякі деталі того, що відбувалося, коли Всесвіт існував лише $10^{-43}$ секунди! То що ж сталося на початку?



*Сьогодні нікому не відомо, що сталося під час Великого Вибуху*

Теорія Великого Вибуху як наукова концепція перших миттєвостей життя Всесвіту виходить з того, що все, що ми нині спостерігаємо — від Землі до найвіддаленіших куточків Всесвіту, — бере свій початок з точки безмежно малих розмірів, що мала надвисоку густину та температуру. Ця теорія також пояснює, як розширення та охолодження цієї надзвичайно тісної суміші частинок та фотонів (частинок світла) могли привести до появи Всесвіту, зір та галактик у сучасному вигляді, як і цілий ряд фактів про теперішнє існування Всесвіту.

Звичайно, наші уявлення про історію найперших миттєвостей можна назвати у деякій мірі спекулятивними, тому що ми оперуємо припущеннями в тих тонкощах фізики, які ще можемо до кінця не розуміти. Але очевидність правильного підходу, який пропонується, дає вченим натхнення йти далі у справі вдосконалення наших знань про народження Всесвіту.

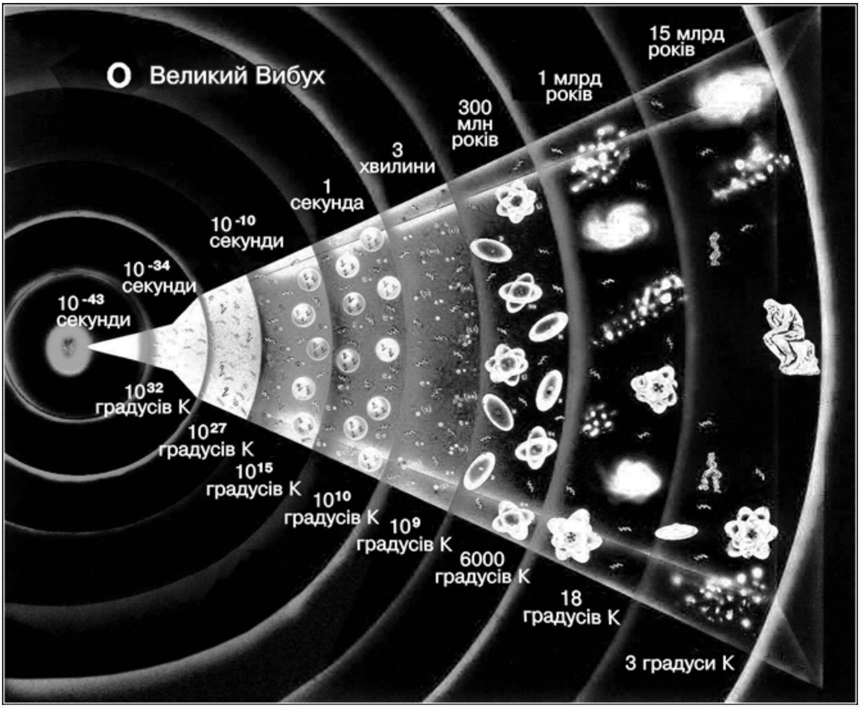
Перш ніж заглибитися безпосередньо в історію народження, треба зрозуміти одну дуже значну деталь. Можливо, це важко уявити, але на самому початку Всесвіт був настільки гарячим, що існувала теоретична можливість перетворюватися на масу і навпаки, у повній відповідності до рівняння Ейнштейна $E = mc^2$.

Історія створення розпочинається тоді, коли Всесвіт існував лише $10^{-43}$ секунди. Ця мить є особливою і навіть має власну назву — час Планка — на честь видатного фізика Макса Планка, одного із засновників квантової механіки як наукової дисципліни. Час, що передував цьому моменту, має назву ери Планка. Енергія та матерія в цей час знаходилися в такому надзвичайному для нашого сприйняття стані, що сучасна наука безсила сформувати адекватне уявлення про те, що відбувалося протягом цієї ери.

У наступні миттєвості до моменту, що відповідає вікові Всесвіту 0,001 секунди, мали місце ера сил універсальної теорії, ера електрослабкої взаємодії та ера частинок, протягом яких народжувалися основні типи взаємодій, присутні в сучасному світі, а також елементарні частинки. Треба зазначити, що важливу роль цього періоду відігравало існування антиматерії. При її взаємодії зі звичайною матерією вона перетворювалася в ніщо. Із часом присутність антиматерії ставала все менш і менш значимою й помітною.

У перші три хвилини відбувалися деякі найважливіші процеси — панувала ера нуклеосинтезу. Протягом цього часу матерія настільки охолола, що стало можливим об'єднання протонів та нейтронів у більш складні частинки — атомні ядра. У цей час формуються основні запаси водню та гелію у Всесвіті.

Слідом за цим майже невловимим проміжком часу, у якому умістилися аж п'ять різних ер, подальші 500 000 років панувала




*Еволюція Всесвіту після Великого Вибуху*

ера атомних ядер. Матерія являла собою розігріту плазму з ядер Гідрогену та Гелію, а також вільні електрони та фотони.

Наприкінці ери атомних ядер середовище стало настільки холодним, що відбулося об'єднання ядер з електронами та формування атомів хімічних елементів. Так розпочалася ера атомів, що панувала, аж доки вік Всесвіту не досяг мільярда років. У цей час усе важливішу роль починає відігравати рушійна сила еволюції основних класів об'єктів зоряного неба — гравітація (сила тяжіння одного об'єкта до іншого). Розпочинається формування перших зірок.

Нарешті, сьогодні ми живемо в час ери галактик, коли під дією сили гравітації, що об'єднує матерію, зорі групуються у скупчення, формують галактики, групи та надскупчення галактик. Всесвіт набуває сучасного вигляду.

Цікаво уявити, що з моменту народження Всесвіту до нашого часу минув лише один рік, кожному місяцю якого відповідає більш ніж 1 мільярд років! Тоді стає ясно, наскільки нові ми тут, наскільки важливим і цінним є існування кожного з нас та як ми повинні цінувати і берегти час один одного. Спробуємо?

Отож 1 січня. Стався Великий Вибух, і з цього самого моменту розпочалася наша історія народження. Протягом січня минають ера за ерою, і наприкінці лютого серед інших майже остаточно формується наша рідна галактика — Молочний Шлях. Довгі півроку, протягом яких іде упорядкування матерії, 13 серпня призводять, зрештою, до формування планетної системи навколо нашої зірки — Сонця. Народжується Земля. Наступні декілька місяців планетна система знаходиться в постійній еволюції, народжуються малі тіла Сонячної системи, формуються супутники планет тощо. І тільки 13 грудня ми відмічаємо еру губок та інших м'якотілих живих організмів. На Землі вже є життя!

25 грудня знаменує розквіт ери велетенських хижаків — динозаврів. Проте жити їм залишилося лише кілька днів, адже 30 грудня, внаслідок зіткнення Землі з великою кометою, динозаври вимирають. Уявіть лише, що в реальному масштабі часу це сталося 65 мільйонів років тому!

І, нарешті, 31 грудня — переддень Нового року. Тільки о дев'ятій годині вечора ми відмітили би появу найперших предків сучасної людини, а близько 23 години 58 хвилин закінчується наша біологічна еволюція — сучасна людина з'явилася на світ. О 23 го-



***Стівен Вільям Хокінг (нар. 1942).***
**Видатний англійський фізик, космолог, популяризатор науки. Отримав ступінь з фізики та космології (розділ науки, що вивчає процес розвитку Всесвіту) у Кембриджі. Протягом своєї наукової кар'єри працював у багатьох напрямках теоретичної астрофізики. У співробітництві з Роджером Пенроузом займався вивченням теорії Великого Вибуху з точки зору загальної теорії відносності Ейнштейна. Пізніше присвятив кілька років вивченню феномена чорних дір. Результатом цієї роботи стала універсальна теорія, що була комбінацією теорії відносності та апарату й законів квантової механіки. «Моя мета дуже проста. Це — повне розуміння Всесвіту, чому він саме такий і чому він узагалі існує». Кожного року близько трьох місяців Хокінг проводить поза Кембриджем з лекціями, активно займається науковою працею. Без перебільшення його можна назвати одним з найвидатніших космологів в історії людства!**

дині 59 хвилин і 30 секунд зароджується землеробство, ще через 17 секунд єгиптяни будують великі піраміди. Своє велике відкриття — доказ того, що Земля обертається навколо Сонця, — Кеплер та Галілей роблять о 23 годині 59 хвилин та 59 секунд!

Тільки уявіть собі на мить: усе, що пережило людство з тих часів, коли ми дізналися, що Земля не є ні центром Всесвіту, ні Сонячної системи, може вкластися менше ніж в одну секунду!

## Червоне зміщення, вік Всесвіту та стала Хаббла

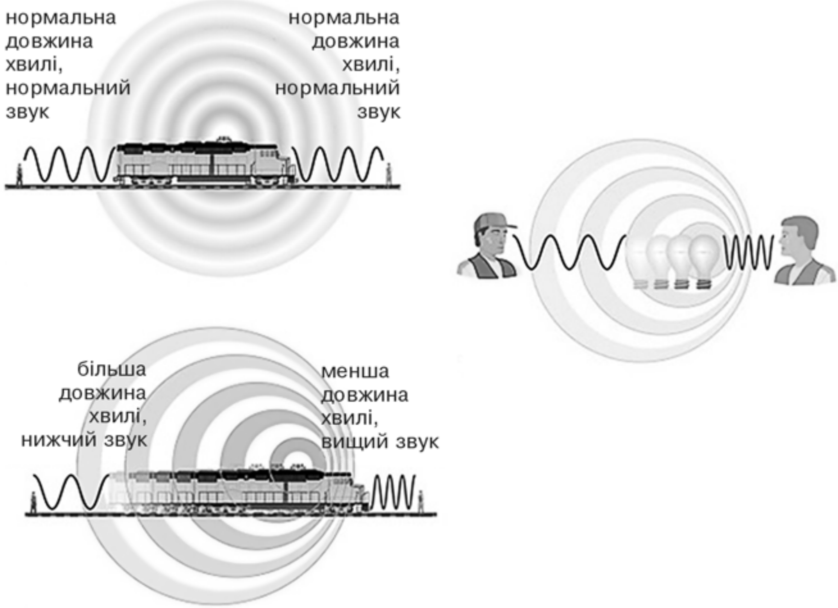
Космологічна модель, з якою ми познайомилися в попередньому сюжеті, виникла не одразу. Багато вчених своїми дослідженнями зробили важливий внесок у її створення, і далеко не останнім астрономом, що відіграв велику роль у становленні космології, став Едвін Хаббл.

Проте перш ніж знайомитися з відкриттями великого космолога та їхніми наслідками, нам слід досконаліше розібратися в тому фізичному ефекті, який лежить в їх основі. Мова йде про ефект Доплера-Фізо.

Романтична історія розповідає, що одного дня Доплер гуляв зі своїм сином у парку, аж раптом повз них проїхав невеличкий паровичок та посигналив. Син запитав батька, чому свист паровичка був «тоншим», коли він наближався, і став нижчим за тоном, коли почав від них віддалятися. Поставлений у глухий кут питанням дитини, Доплер провів кілька днів у роздумах та відкрив ефект, названий потім його ім’ям. Кількома роками пізніше інший вчений — Фізо — застосував ефект Доплера для світла, і у спектроскопії він носить тепер ім’я Доплера-Фізо.

Правда це чи вигадка — невідомо, проте ефект Доплера-Фізо своєї доказовості від цього не втрачає. Суть його можна зрозуміти на прикладі того ж паровичка. Коли він наближається, то звукові хвилі ніби «підштовхуються» ним уперед. Як результат — коротша довжина хвилі і вищий тон звуку. Коли ж паровичок починає віддалятися, він ніби «тягне» за собою звукові хвилі. Вони стають довшими, що спричиняє нижчий за тоном звук.

Такий же самий вплив ефект Доплера-Фізо має на світлові хвилі. Якщо об’єкт, який є джерелом світла, наближається до нас, його спектр зміщується в короткохвильову область. Через те що коротшим видимим хвилям відповідає синій колір, таке зміщення називають синім зміщенням. Якщо ж об’єкт віддаляється від нас, то його спектр зміщується у довгохвильову область — ми називаємо це червоним зміщенням.




*Ефект Доплера-Фізо на прикладі потягу та джерела світла, що рухаються*

Ще у 10-х роках XX століття вчені знали, що більшість галактик віддаляються від нас. Це було встановлено за червоним зміщенням, що спостерігалося у їхніх спектрах. Розпочавши вимірювати відстані у Всесвіті, Хаббл декілька років також вимірював значення червоного зміщення для багатьох галактик. У 1929 році Хаббл оприлюднив свої результати: чим віддаленішою є галактика, тим швидше вона від нас віддаляється (тим більше червоне зміщення її спектра). Дивно те, що це твердження, відоме тепер, як закон Хаббла, базується на досить малій кількості галактик. До того ж еталони для вимірювання відстаней, вибрані Хабблом, виявилися хибними. Виходить, що Хабблу просто пощастило? Можливо, але, базуючись на багатому матеріалі спостережень кількох десятиліть, нині можна точно сказати: його закон справедливий!

Звісно, що на формулюванні самого закону Хаббл не зупинився. Він уперше зробив спробу визначити коефіцієнт пропорційності між віддаленістю та швидкістю галактики. Тепер ця величина також відома як стала Хаббла ($H_0$).

Проте стала Хаббла має набагато більш фізичний сенс, ніж просто коефіцієнт пропорційності. У рамках моделі Всесвіту, що розширюється, його вік можна передбачити за даними, які харак-



***Едвін Пауелл Хаббл (1889—1953).*** **Американський астроном, космолог. Навчався у Чиказькому університеті, працював у лабораторії відомого фізика Міллікена, але потім вирішив стати адвокатом. Отримав диплом юриста, працював у адвокатурі. Однак за рік потому залишив професію заради астрономії. До Першої світової війни був асистентом в обсерваторії Йєркс, поблизу Чикаго. По закінченні війни працював в обсерваторії Маунт-Вілсон у Каліфорнії. Фундаментальні праці Хаббла поклали початок позагалактичній астрономії. Він уперше довів зоряну структуру Туманності Андромеди та ряду інших галактик. Першим запропонував систему класифікації галактик за формою та іншими морфологічними особливостями. Відкриття закону, названого його ім'ям, стало спостережною основою теорії Всесвіту, що розширюється. Хаббл — один з піонерів вивчення далеких зоряних систем та видатний астроном XX століття. Нині дослідження далеких зоряних островів продовжує найпотужніший у світі телескоп — орбітальний комплекс імені Едвіна Пауелла Хаббла.**

теризують відстані до найвіддаленіших об'єктів сучасного Всесвіту. Таким чином, стала Хаббла безпосередньо пов'язана і з віком Всесвіту. З фізичної точки зору, величина, обернена до сталої Хаббла — $1/H_0$ — вказує на те, як довго Всесвіт розширюється. Але ж це і є його вік! Сучасні оцінки значення сталої Хаббла приводять до віку Всесвіту у межах від 12 до 18 мільярдів років.

## Класифікація об'єктів зоряного неба

Ознайомившись з історією виникнення і розвитку Всесвіту, з тим довгим шляхом еволюції, що пройшли матерія та енергія, перш ніж набути сучасного вигляду, нам тепер буде зовсім неважко сформулювати зручну класифікацію небесних об'єктів. Саме її ми і будемо намагатися дотримуватися на шляху нашого подальшого знайомства з таємницями Уранії.

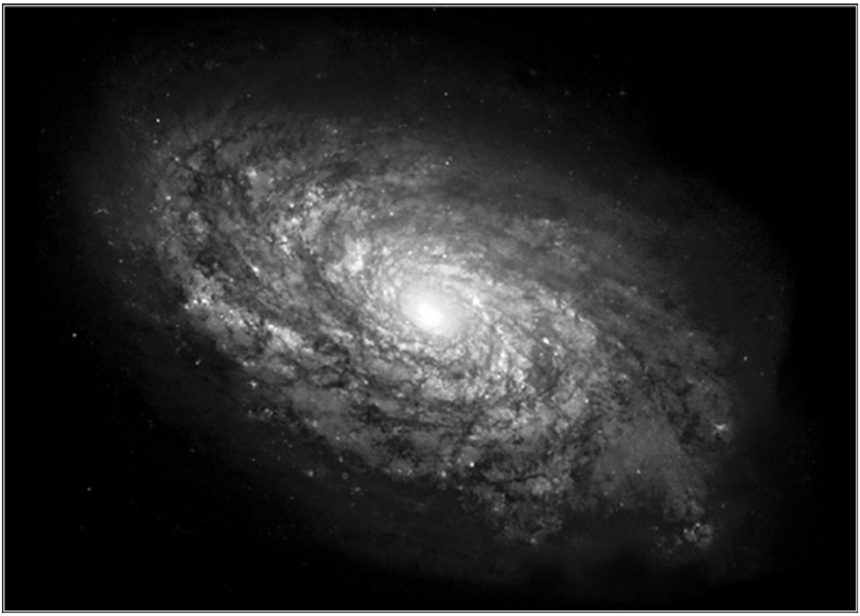
Отже, найвеличнішими об'єктами, що сформувалися у Всесвіті, по праву можна вважати галактики. Іноді дуже цікаво спостері-

гати скупчення (або так звані хмари) галактик. Наприклад, красиві галактичні скупчення знаходяться у сузір'ях Діви та Волосся Вероніки, але їх можна побачити тільки у телескоп.

У галактиках же насамперед звернемо увагу на найрозповсюдженіші об'єкти — зірки. Багатьом з першого погляду може здатися, що всі зорі — однакові, та це аж зовсім не так! Детальніше із зоряним розмаїттям неба ми познайомимося далі.

Зірки, як і галактики, мають схильність до утворення зоряних скупчень. Розрізняють кульові та розсіяні скупчення. Перші з них — це туманні плями, що у бінокуляр або телескоп розсипаються багатьма тисячами сяючих діамантів і справляють незабутнє враження на спостерігачів найрізноманітніших рівнів підготовки! Одним із найкрасивіших представників є кульове зоряне скупчення M13 у сузір'ї Геркулеса. Серед розсіяних зоряних скупчень — нещільні зоряні групи, що здебільшого не мають певної форми, — можна виділити відомі всім Плеяди, які доступні для спостереження неозброєним оком або найпростішими оптичними приладами.

Цікавими і дуже красивими є залишки від зореутворення або навпаки — активні центри, де йде народження нових зірок. Це — хмари міжзоряного газу і пилу або так звані газові та газопилові



*Спіральна галактика NGC 4414. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*



*Кульове зоряне скупчення NGC 6093.*
*Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

туманності, яких розрізняють два види: світлі (або емісійні) та темні. В перших газ розігріто близькими зірками або активними процесами всередині самих туманностей до такої температури, що він сам починає світитися. Такими є, наприклад, Велика Туманність Оріона, Тріфід, Північна Америка та багато інших. Активним центром зореутворення є туманність M16 у сузір'ї Орла, що називається «Стовпи зореутворення». Туманності другого типу складаються з холодного пилу та газу, який робить їх спостереження дуже важкою справою. Тільки в єдиному випадку завдання спрощується: якщо така туманність знаходиться на фоні світлої газової туманності, як, наприклад, туманність Кінська голова в сузір'ї того ж Оріона.

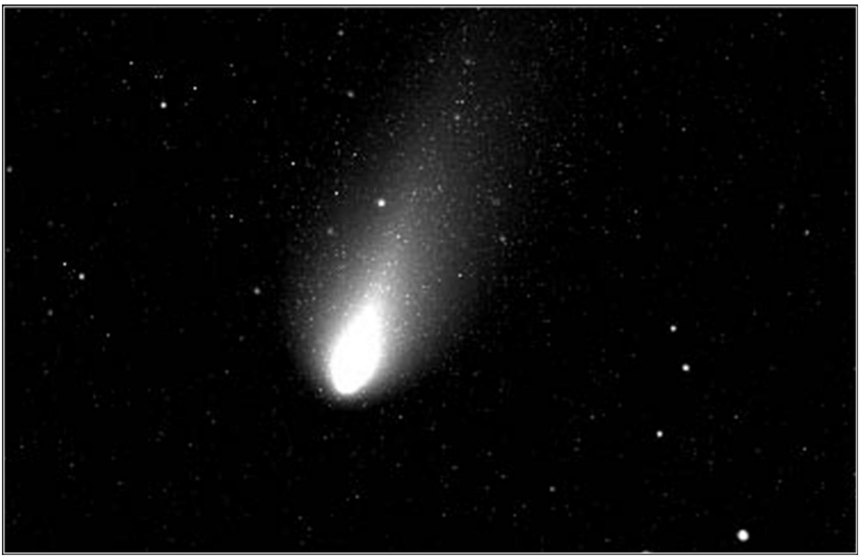
Якщо ж так сталося, що навколо певної зорі ефективно утворилася планетна система (приклад наведіть самі), то маємо змогу виділити цілий ряд менших за розмірами, проте не менш цікавих і красивих об'єктів для спостереження. По-перше, це будуть, звичайно, самі планети. Сучасними вченими запропоновано декілька визначень поняття «планета», але найближчим до істини вважається таке: планета — це тіло, в якому внаслідок активних процесів іде чи йшов перерозподіл речовини. Тобто важчі складові речовини певної планети рухаються вглиб, а легші виходять на поверхню. За такою класифікацією Плутон може втратити шанси називатися планетою!

Меншими за розміром будуть астероїди — залишки від утворення великих планет. Ще меншими, але набагато помітнішими — комети, ці величні «хвостаті мандрівниці» зоряного неба, що складаються з брил брудного снігу діаметром 1—2 кілометри!

І, нарешті, найменші представники когорти об'єктів зоряного неба — метеороїди, маленькі частинки пилу, що є залишками від

комет та іноді астероїдів. Вони рухаються в просторі певними орбітами і при зіткненні з Землею призводять до феєричного дійства: купи «падаючих зірок» дають нам змогу загадати бажання і вірити, що воно обов'язково здійсниться! Якщо такий метероїд досить малий (його розміри здебільшого не перевищують одного міліметра), то він повністю згорає в нашій атмосфері та утворює метеор — падаючу зірку. Якщо ж його розміри такі, що повністю згоріти він не встигає, то ми кажемо, що на землю впав метеорит. Кожного року за рахунок метеоритів маса нашої планети збільшується на кілька десятків тонн.

Останнім часом, окрім зірок та планет, вирізняють також проміжний клас дуже цікавих об'єктів. Проте їхнє існування до недавнього часу було передбачено лише теоретичними дослідженнями. Мова йде про так звані коричневі карлики. До речі, можливість їхнього існування була чи не вперше виснувана саме українськими вченими. Коричневі карлики цікаві насамперед тим, що вони завеликі для планет і складаються з газу в дуже специфічному стані. Здебільшого вони замалі для зірок і надто холодні, щоб мати змогу підтримати ядерні реакції у своїх надрах — головну рису приналежності до зоряної братії. Саме тому їх дуже важко зареєструвати спостережними засобами. Це майже настільки ж важко, як і спостерігати планетні системи навколо інших зірок!



*Комета C/1999 S4 (LINEAR). Фото: Федір Величко*

Коричневі карлики є одними з тих об'єктів, що, за сподіванням сучасних астрофізиків, з часом допоможуть нам розв'язати таємничу проблему так званої темної матерії Всесвіту.

## Координати на небесній сфері

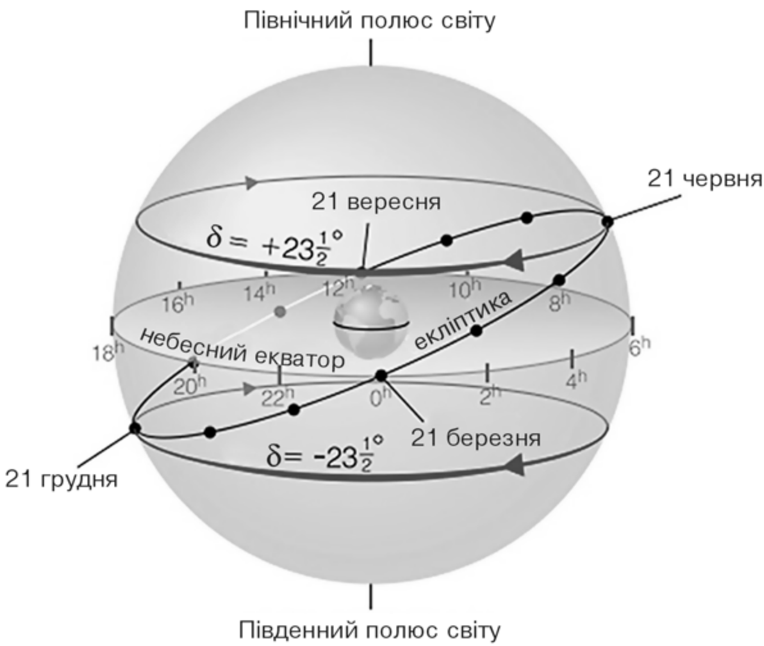
Споконвіку головною метою вивчення положень небесних об'єктів на небі було вдосконалення навігаційних засобів та підвищення точності визначення географічних координат і т. п.

Уявіть собі, що Земля знаходиться в центрі гігантської небесної сфери. Це спростить сприйняття системи небесних координат, з якими ми починаємо знайомство. З місця спостереження вам здається, що небесна сфера кожної доби ніби обертається навколо нас. Але, окрім цього, ми можемо використовувати модель небесної сфери, щоб указувати місце Сонця, планет або зірок на небі саме так, як ми робимо це з географічними точками, коли користуємося глобусом. Така модель, щоправда, даватиме нам змогу показати видиме місцезнаходження певного об'єкта на небі, а не його істинне місце у просторі Всесвіту. До того ж, порівнюючи відстані між об'єктами, ми зможемо оперувати лише відносними кутовими відстанями, тобто не зможемо вказати справжні відстані між об'єктами. Проте, використовуючи прийняту нами модель небесної сфери, ми можемо скористатися нею, як мапою: визначити положення об'єкта за допомогою встановлення спеціальних елементів, таких як екватор, полюси та сітка координат.

Таким чином, маємо дві специфічні точки — полюси, а також екватор. Полюс на небі називається полюсом світу і знаходиться в уявній точці, де вісь обертання Землі пере-

**Абсолютно випадково в процесі вирішення зовсім інших астрономічних завдань в Аресібо, Пуерто-Рико, групою американських астрономів із Корнельського університету була знайдена дуже велика хмара нейтрального водню. У поперечнику ця хмара в 10 разів більша за нашу Галактику, а маса водню в хмарі майже в мільярд разів перевищує масу нашого денного світила. Хмара спостерігається в напрямку сузір'я Лева на відстані близько 65 мільйонів світлових років від Землі. Вона обертається навколо власної осі зі швидкістю 80 км/с. Як передбачають учені, з цієї гігантської водневої газової хмари можливе народження нової галактики. Таким чином, під сумнівом може опинитися розповсюджена і досить популярна теорія Великого Вибуху, згідно з якою всі галактики народилися одночасно в результаті колосального вибуху у Всесвіті.**

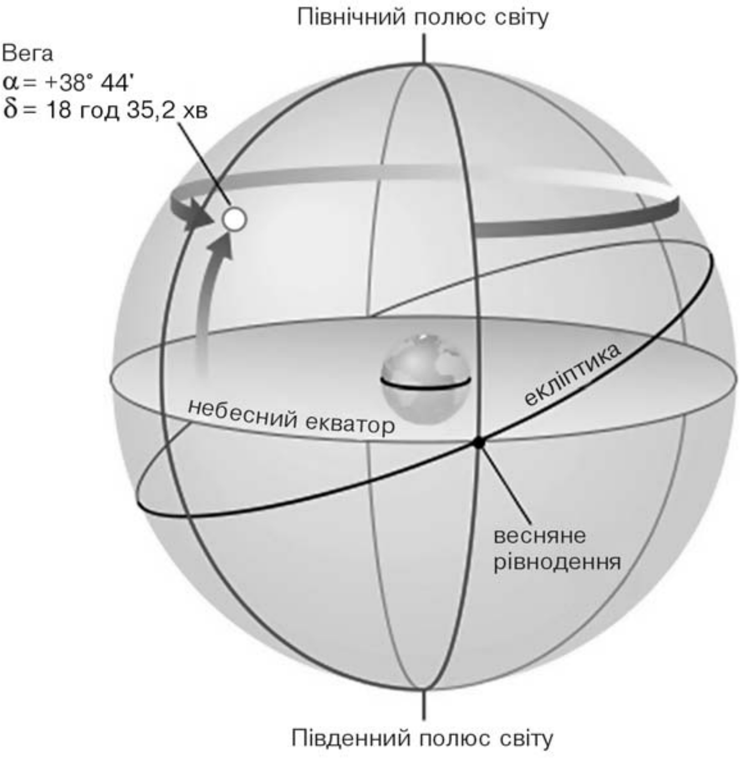
тинає нашу небесну сферу. З вашого місця спостереження здається, що зоряне небо обертається саме навколо цієї точки. Вирізняють Північний та Південний полюси світу. Проведемо аналогію із земними полюсами і екватором, і стане зрозуміло, де знаходиться небесний екватор. Доповнимо цю аналогію небесними координатами, що будуть відповідати географічним довготі та широті. Так, перпендикулярно екватору піде відлік небесної довготи — прямого сходження (позначається $\alpha$), а паралельно йому пройдуть лінії небесної широти — схилення (позначається $\delta$). Схилення вимірюється у градусах дуги та приймає значення від $-90°$ (Південний полюс світу) до $+90°$ (Північний полюс світу). Схилення на екваторі дорівнює $0°$. Пряме сходження вимірюється в годинах, хвилинах, секундах і долях секунди у відповідності зі співвідношенням $1^{год} = 15°$, $1° = 4^{хв}$. Точкою відліку прийнято вважати точку весняного рівнодення, що відповідає переходу Сонця із південної небесної півкулі до північної. Проте через прецесію земної осі ця точка зміщується, тому координати визначаються на певну епоху. Наприклад, у сучасних астрономічних календарях координати наведено на епоху 2000,0, і це означає, що за точку відліку взяте



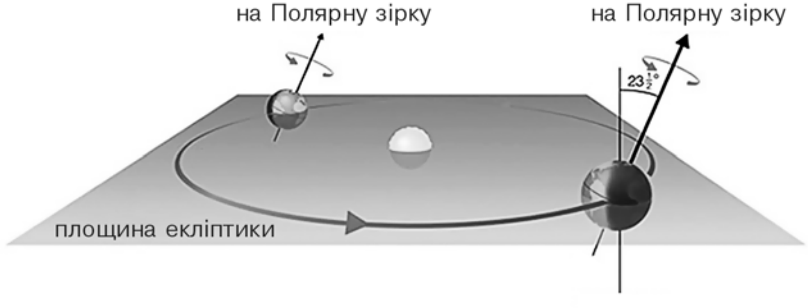

*Земля знаходиться в центрі уявної небесної сфери*

положення точки весняного рівнодення на початок 2000 року. Викладена теорія в астрономічній науці має назву екваторіальної системи координат.

Є на небі ще дві лінії, які мають теоретичне та практичне значення. Перша з них — це так звана екліптика. Вона являє собою видимий шлях Сонця на фоні зірок протягом року. Приблизно цим же шляхом подорожують на небі Місяць та планети. Екліптика нахилена до площини небесного екватора під кутом 23,5°. Таким чином, у день літнього сонцестояння наша денна зірка має максимальне схилення — +23,5°, у дні рівнодення — нульове його значення, а в день зимового сонцестояння її схилення набуває свого мінімального значення — -23,5°. Тепер стає зрозумілим, чому влітку світловий день значно довший за зимовий. Друга лінія називається меридіаном і проходить через зеніт у напрямку з півночі на південь. Проходячи через цю лінію,




*Відлік координат на небесній сфері на прикладі зірки Вега*




*Через те, що вісь обертання Землі нахилена до площини її навколосонячної орбіти на 23,5°, лінія екліптики теж нахилена до небесного екватора під таким самим кутом*

небесні об'єкти досягають найвищої точки над місцевим горизонтом.

Використання небесної системи координат дає нам змогу зробити кілька важливих висновків. По-перше, полюс світу знаходиться на півночі на висоті, що дорівнює географічній широті $\varphi$ місця спостереження. По-друге, найвище над горизонтом екватор піднімається на півдні, де його висота дорівнює $90°-\varphi$. Стає очевидним, що всі об'єкти, які мають схилення більше за значення $90°-\varphi$, ніколи не заходять за горизонт у даному місці спостереження, а об'єкти, що мають схилення менше за значення — $(90°-\varphi)$, ніколи не з'являються над горизонтом у даному місці спостереження.

## Час і його вимірювання

Люди почали вимірювати час задовго до перших уявлень про те, що Земля обертається навколо Сонця. І, звичайно, це сталося раніше, ніж люди почали розуміти історію створення Всесвіту, якому ми всі належимо. Проте переміщення об'єктів, що мали місце на зоряному небі, перебували під пильним оком спостерігачів багатьох давніх культур. Саме ці спостереження за видимим рухом Сонця, Місяця, планет і зірок заклали фундамент для вимірювання проміжків часу, що базувалися на астрономічних періодах. Ними стали вже звичайні для нас день, місяць, рік.

Але в астрономії ці періоди, а також способи їх визначення, є трохи специфічними. Так, існує декілька різновидів дня, місяця і року. Тож, давайте ближче познайомимося з кожним із них!

Напевне, ви вважаєте 24 години — нашу звичайну добу — періодом обертання Землі навколо власної осі. Але це не зовсім так.

Період обертання Землі навколо своєї осі — це той час, який їй необхідний для здійснення одного повного оберту. Знаючи про те, що осьове обертання нашої планети «відповідальне» за видиме добове обертання зоряного неба, ми можемо виміряти період обертання таким способом. Пустимо секундомір у момент, коли через меридіан проходить певна зірка, а потім зупинимо його тоді, коли ця ж зірка перетне меридіан наступного разу. Виміряний таким чином період обертання Землі навколо власної осі буде дорівнювати $23^{год}56^{хв}4{,}09^{с}$. Це так званий сидеричний день, тобто день, виміряний відносно уявного руху зірок на небі.

Доба, що триває 24 години, — це так званий сонячний день. Вимірювання цього періоду, як неважко здогадатися, базується на вимірюванні часу, потрібного Сонцю, щоби зробити один повний оберт на нашому небі. Але 24 години — це тільки середня тривалість сонячної доби, бо вона насправді теж змінюється протягом року.

Пояснюється це так. Кожного дня Земля просувається на 1° своєю навколосонячною орбітою. Таким чином, протягом однієї сонячної доби Земля обертається не на 360°, а на 361°. Ця різниця в 1°, що дорівнює 4 хвилинам часу, і є різницею між сидеричним та сонячним днем.

Місяць також має два визначення. Один із них, синодичний, пов'язаний з фазами Місяця і триває 29 з половиною сонячних діб. Рівно стільки проходить між моментами, коли певна фаза Місяця повторюється наступного разу. Назва «синодичний» походить від латинського *synod*, що означає «зустріч». Тобто кожного разу, коли Місяць перебуває у фазі нового, він зустрічається на небі з Сонцем.

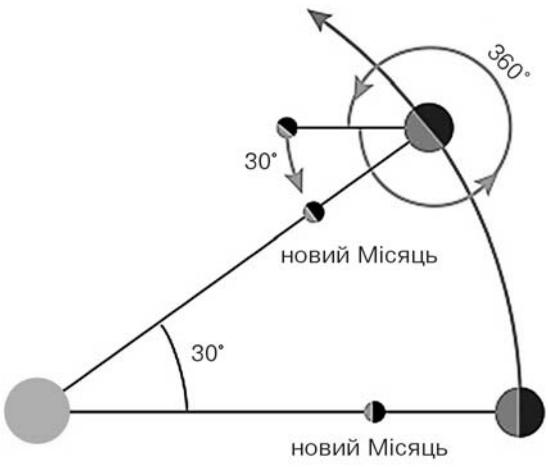
Таким самим чином, як сонячний день не є справжнім періодом обертання Землі, так і синодичний місяць не є справжнім орбітальним періодом нашого природного супутника. Беручи до уваги наявність руху Землі навколо Сонця, можна зробити висновок, що Місяць робить більш ніж один повний оберт за період синодичного місяця. Справді, виходячи з тих самих уявлень, що і при розгляді розбіжності між сидеричним та сонячним днями, знайдемо, що сидеричний місяць дорівнюватиме $27^1/_3$ сонячної доби.

Нарешті, рік невід'ємно пов'язаний з обертанням Землі навколо Сонця. Але для визначення року також є два дещо різних методи, що, звісно ж, дають два різних значення. Час, за який наша планета робить один повний оберт відносно зірок, називається сидеричним роком. Проте наш календар базується на сезонних циклах, які ми можемо виміряти, як час від одного весняного рівнодення до наступного. Такий рік називається тропічним, і він

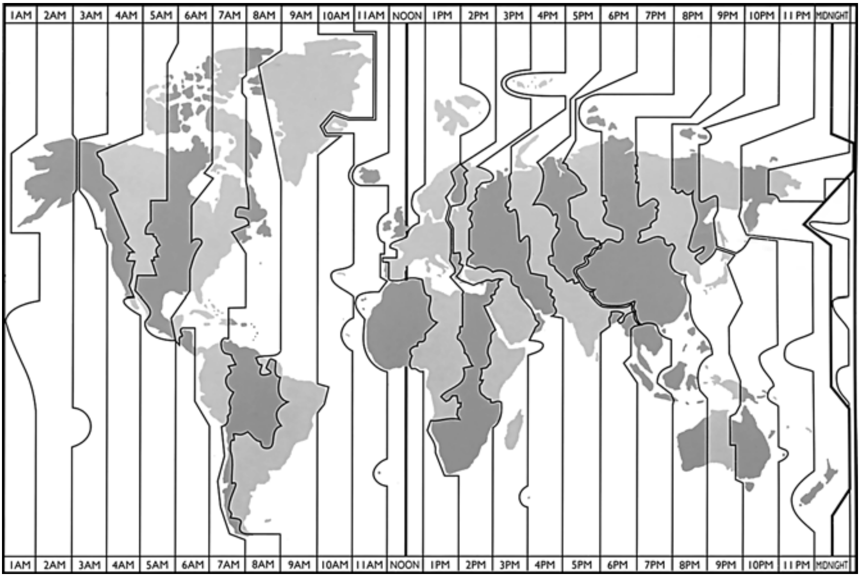
приблизно на 20 хвилин коротший за сидеричний рік. Ця різниця може здатися невеликою, але ж протягом 72 років це дасть повну добу — і так протягом багатьох століть! Різниця між сидеричним та тропічним роками є результатом так званої прецесії земної осі у просторі, що відбувається з періодом близько 26 000 років (цей період ще називають астрономічною ерою). Кожного року точки рівнодення та сонцестояння зміщуються на 1/26 000, тобто тропічний рік «відстає» від сидеричного на 1/26 000 року, що й дорівнює приблизно 20 хвилинам. Таким чином, тривалість тропічного року дорівнює 365,242 сонячної доби, тоді як сидеричний рік триває 365,256 сонячної доби.

Існує також кілька способів вимірювання поточного часу протягом однієї доби. Розрізняють істинний сонячний час (тобто час, виміряний, приміром, за допомогою сонячного годинника) і середній сонячний час (він має за основу середню довжину доби — 24 години). Проте це — способи вимірювання місцевого часу, тому що вони безпосередньо залежать від географічної довготи місця вимірювання.

Для універсалізації вимірювання часу, з ініціативи залізничників США, 1883 року введений так званий стандартний, або поясний, час. Земну кулю було поділено на 24 пояси за довготою так, що у двох сусідніх поясах стандартний час відрізняється на годину: зі сходу на захід. За єдину точку відліку було прийнято часовий пояс, у центрі якого знаходиться точка відліку довготи — Гринвіцька обсерваторія Королівської Академії наук Великої Британії. Час у цьому поясі нині називають Всесвітнім часом (позначається UT від англійського Universal Time). На схід від Гринвіча різниця в часі має знак «плюс», на захід — «мінус». Наприклад, Україна знаходиться в другому часовому поясі на схід від Гринвіча. Таким чином, наш стандартний час більший за Всесвітній на 2 години.



*Між двома новими Місяцями Земля встигає обернутися не на 360, а на 390 градусів*




*Для зручності Землю умовно поділили на 24 часових пояси*

В Україні, як і в багатьох інших країнах, починаючи з першої неділі квітня і до останньої неділі жовтня, діє літній час, який на 1 годину більший за стандартний. Це значить, що український поясний час у цей період відрізняється від Всесвітнього на +3 години.

## Відстані у космосі

Як ми вже мали нагоду впевнитися, астрономія — це наука дуже великих чисел. Саме тому простір у космічних масштабах незручно вимірювати звичайними одиницями. Достатньо сказати, що навіть найближча відстань, з якою можуть оперувати астрономи — відстань від Землі до Місяця — сягає приблизно 380 000 кілометрів.

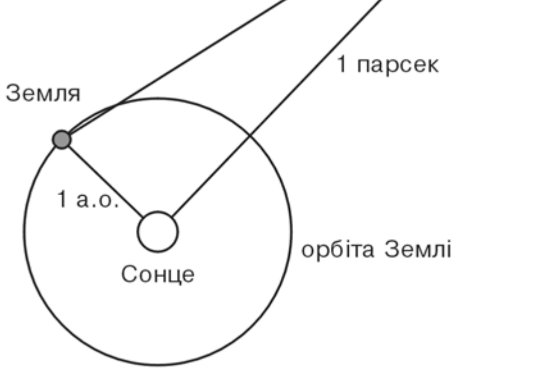
Давайте порівняємо. Середньостатистична людина (наприклад, саме ви) може пішки пройти за годину близько п’яти кілометрів. Звичайно, відстані, які ви покриваєте на автомобілі або інших засобах пересування, ви навряд чи будете вимірювати у метрах, бо саме метр є одиницею виміру відстані за інтернаціональною системою СІ.

Астрономія має справу з реєстрацією світла та інших різновидів електромагнітного випромінювання, що приходить від віддалених об’єктів. За ту ж годину світло у вакуумі проходить

1 080 000 000 кілометрів! І навіть Сонце ми бачимо таким, яким воно було понад 8 хвилин тому. Тож з метою полегшення обчислень та зручнішого уявлення відстаней у Всесвіті створено цілу систему похідних позасистемних одиниць виміру.

Відстані в межах Сонячної системи найчастіше вимірюють за допомогою так званої астрономічної одиниці (скорочено — а. о.). Одна астрономічна одиниця дорівнює середній відстані від Землі до Сонця, що в числовому вираженні сягає 149 600 000 кілометрів. Звичайно, зручність використання такої одиниці закінчується з перетинанням уявної межі планетарної Сонячної системи, бо навіть хмара Оорта простягається на відстані близько 60 000 астрономічних одиниць!

Наступним за величиною йде світловий рік. Дуже розповсюджена хибна думка про те, що світловими роками вимірюють якісь фантастично довгі періоди часу. Важливо не плутати це поняття зі звичайним роком, що є дійсно одиницею вимірювання часу. Світловими роками астрономи вимірюють досить великі відстані, наприклад, віддалення між зірками: між Сонцем і найближчою зіркою Проксимою Центавра — трохи більше 4 світлових років. Фізичне значення світлового року дуже просте: це та відстань, яку проходить світло у вакуумі за один рік. Ми знаємо, що швидкість світла у вакуумі складає близько 300000 км/с. Тоді один світловий рік дорівнюватиме 9 460 000 000 000 кілометрів! (Або за стандартною схемою запису, що прийнята у наукових обчисленнях, $9{,}46 \times 10^{12}$ км). Найчастіше світловий рік використовується для представлення відстаней між зірками у межах однієї галактики та розмірів самих галактик.



*Один парсек — це відстань, з якої орбіту Землі видно під кутом 1″*

Проте і це ще не все. Для вимірювання міжгалактичних відстаней широко використовується ще більша одиниця довжини — парсек (позначається — пк). Це — скорочення від більш наукового та менш зручного

**Найбільший астрономічний об’єкт у Всесвіті зареєстрований у зоряних каталогах на початку 80-х років XX століття і має позначення 3C 345. Цей квазар віддалений на 5 мільярдів світлових років від Землі. Німецькі астрономи за допомогою 100-метрового радіотелескопа та приймача радіочастоти принципово нового типу отримали змогу виміряти такий далекий об’єкт космосу. Результати досліджень були надто непередбачуваними, і вчені спочатку сумнівалися, чи можна їм довіряти. Це більше скидалося на жарт, бо квазар мав у поперечнику 78 мільйонів світлових років! Незважаючи на дуже велике віддалення, при спостереженні цей об’єкт удвічі більший за місячний диск.**

терміна паралакс-секунда. Один парсек — це та відстань, з якої орбіту Землі буде видно під кутом зору в одну кутову секунду. Він дорівнює $3{,}09 \cdot 10^{13}$ кілометрів, або приблизно 3,26 світлового року. Також існують похідні від цих одиниць. Так, наприклад, для вимірювання дуже великих відстаней у Всесвіті використовують кілопарсек (1 кпк = 1 000 пк) та мегапарсек (1 Мпк = 1 000 000 пк).

## Яскравість об’єктів зоряного неба

Придивіться уважно до зірок найближчої ночі. Перед вашими очима постане дивне розмаїття не тільки кольорів, а й блиску — ніби «розмірів» небесних перлин. На сьогодні єдину шкалу блиску застосовують не тільки для зірок, однак розглянемо її на історичному прикладі.

Історично склалася і назва одиниці виміру блиску — так звана «зоряна величина». Дійсно, чим яскравіша зірка, тим більшою вона здається нам на небі і тим величнішою вона здавалася авторам такої назви. Вона збереглася, і тепер блиск об’єктів зоряного неба вимірюють зоряними величинами.

У другому столітті до н. е., коли грецьким астрономом Гіппархом було введено шкалу зоряних величин, усі зірки, що їх можна було спостерігати неозброєним оком, поділили на кілька груп. Найяскравішим зіркам було присвоєно першу зоряну величину, наступним за яскравістю — другу і так далі. Найменш яскраві зірки отримали за цією класифікацією шосту зоряну величину.

Трохи пізніше Байєр за допомогою складеної Гіппархом класифікації запропонував позначати зірки в сузір’ях грецькими літерами. Він розпочинав із найяскравішої, що отримала позначення $\alpha$, за нею йшла наступна за яскравістю, що позначалася $\beta$, і так далі.

На сьогодні шкала зоряних величин стала об'єктивнішою завдяки сучасним методам вимірювання блиску об'єктів зоряного неба. Тепер (що є близьким до історичної шкали) різниця в кожні 5 величин відповідає різниці в блиску у 100 разів. Сучасна система показала, що є об'єкти з величинами, меншими за одиницю (тобто яскравішими), — наприклад, Альфа Великого Пса Сіріус, має блиск –1,46 зоряної величини (позначається $-1{,}46^m$, від англійського *magnitude* — величина). Звичайно, сучасні телескопи дають змогу спостерігати й об'єкти, набагато слабкіші за шосту величину. Так, фотографічними та електронними детекторами можна спостерігати об'єкти з яскравістю близько $25^m$ та навіть слабше!

Узагалі світність — це та кількість енергії, яку зірка (або інший об'єкт) випромінює у космічний простір за одиницю часу. Наприклад, Сонце випромінює у Всесвіт $3{,}8 \cdot 10^{26}$ джоулів кожної секунди. Проте ми не можемо безпосередньо виміряти світність зірки, тому що її блиск на зоряному небі залежить як від дійсної світності, так і від відстані до спостерігача. Наприклад, наше Сонце та зірка Альфа Центавра А (найяскравіша з трьох, що складають систему Альфа Центавра) мають майже однакову світність. Проте Альфа Центавра А — лише слабка крапка світла на нічному небі, тоді як Сонце дає достатньо світла та тепла для підтримки життя на нашій планеті. Неважко зрозуміти, що така велика різниця в блиску виникає тому, що Альфа Центавра А знаходиться у 270 000 разів далі від Землі за Сонце.

Ось так ми з вами підійшли до визначення видимого блиску — величини, яка характеризує яскравість об'єкта, що піддається реальному вимірюванню під час спостережень безпосередньо на зоряному небі. Її характеризує так звана видима зоряна величина об'єкта.

Узагалі видимий блиск будь-якого джерела світла підкоряєть-

**Найвіддаленіший астрономічний об'єкт, що можна побачити неозброєним оком, — це Галактика Андромеди (її також іноді помилково називають туманністю). Вона розташована на відстані близько 2 мільйонів світлових років від Землі та за яскравістю дорівнює приблизно зірці 4-ої зоряної величини. Галактика Андромеди — дуже масивна спіральна галактика, найбільший член Місцевої Групи, до якої належить і наш Молочний Шлях. Окрім неї, неозброєним оком можна спостерігати тільки дві інші галактики — Велику та Малу Магелланові Хмари. Вони яскравіші за Галактику Андромеди, проте набагато менші та ближче знаходяться (за 170 000 та 210 000 світлових років відповідно). Проте треба зазначити, що спостерігачі з хорошим зором у гарну ніч можуть розгледіти також галактику M81 у сузір'ї Великої Ведмедиці, відстань до якої — 1,6 мегапарсека.**

**У 1984 році німецький астроном Г. Кюр зі своїми співробітниками знайшов на зоряному небі настільки сліпучий квазар, що навіть на великій відстані від нашої планети він за загальною інтенсивністю випромінювання на Землю не поступився б навіть Сонцю. І це при тому, що квазар знаходиться від нас на такій відстані, що світло подорожує від нього до нашої планети близько 10 мільярдів років! За своїм блиском квазар не поступається випромінюванню 10 тисяч разом узятих звичайних галактик. У зоряних каталогах він позначений номером S 50014+81 і вважається найяскравішим астрономічним об'єктом на безкраїх просторах Всесвіту.**

---

**Найяскравішими за світністю зірками на нашому небосхилі є Денеб із сузір'я Лебедя та Рігель із сузір'я Оріона. Світність кожної з них перевищує світність Сонця у 72 500 та 55 000 разів, а їхня віддаленість від Землі — 1 600 та 820 світлових років відповідно. Третя за світністю — зірка Бетельгейзе з того ж Оріона, який є рекордсменом за кількістю яскравих зірок. Сіріус — найяскравіша зірка зоряного неба Землі — всього-на-всього у 23,5 рази яскравіший за наше денне світило; розташований він на відстані 8,6 світлових років від Землі. Полярна зірка світить, як 6 000 Сонць, перебуваючи на відстані 780 світлових років від Землі. Проте взагалі найбільшою світністю характеризуються блакитні зірки. Серед усіх відомих найяскравішою є зірка UW із сузір'я Великого Пса. Її світність у 860 000 разів перевищує сонячну. З часом яскравість зірок може змінюватись, тому змінитися може і рекордсмен.**

ся «закону оберненого квадрата». Тобто він є обернено пропорційним квадрату відстані до об'єкта — зовсім як універсальний закон всесвітнього тяжіння, що демонструє силу гравітації.

Таким чином, якщо б ми, наприклад, спостерігали Сонце на відстані у два рази більшій, ніж теперішня відстань до нього від Землі, то Сонце здавалося б нам у $2^2 = 4$ рази слабшим за блиском.

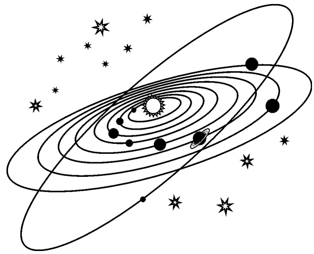
Вирізняють також абсолютний блиск, який оцінює об'єктивну світність зірки. Цій характеристиці відповідає так звана абсолютна зоряна величина — такий блиск об'єкта, який би він мав на відстані 10 парсеків від спостерігача. Наприклад, абсолютна зоряна величина нашого Сонця дорівнює близько $4{,}8^m$. Це означає, що на нашому небі Сонце мало б видиму зоряну величину $4{,}8^m$, якщо б відстань до нього була 10 пк.

# III

# СОНЯЧНА СИСТЕМА



*До чого ж пустельна наша планета! Можливо, насправді річки, тінисті рощі та ліси, людські поселення — все це народжено лише збігом щасливих випадковостей. Адже наша Земля — це насамперед скелі та піски!*
А. де Сент-Екзюпері



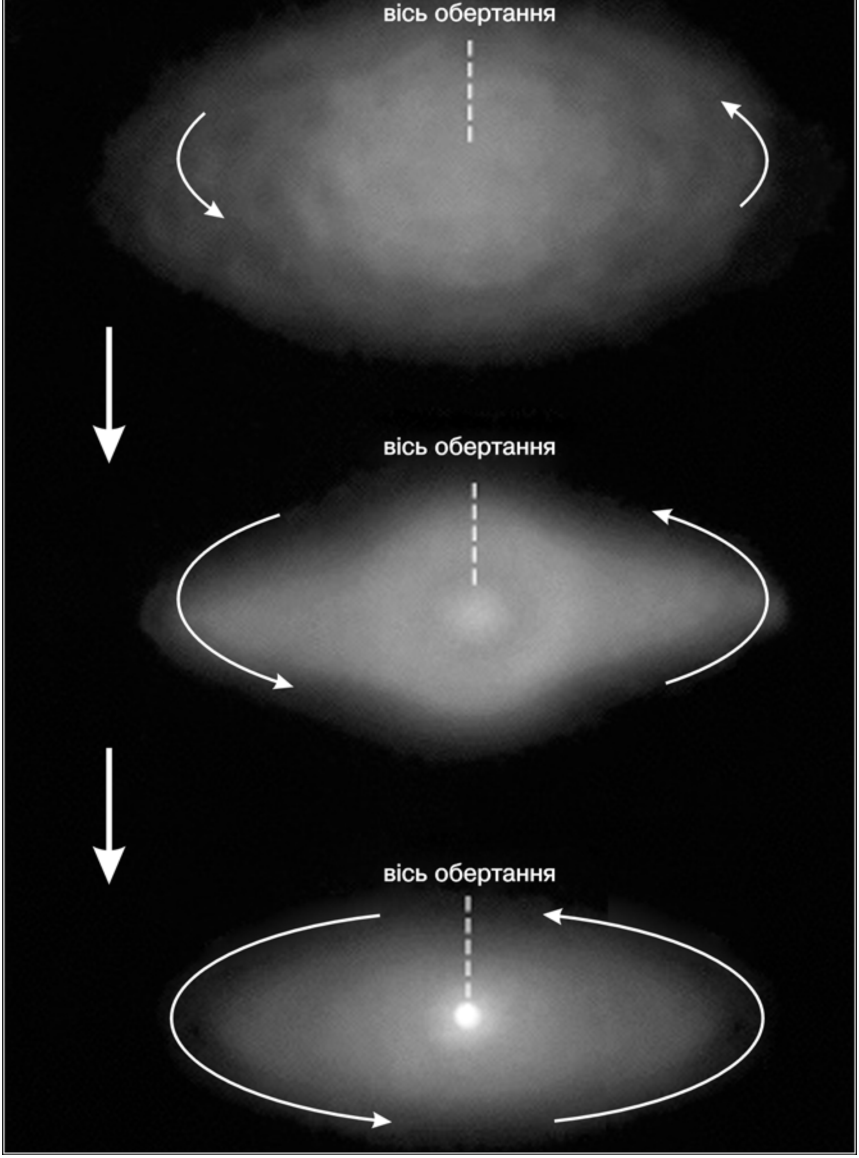
Наша Сонячна система ховає в собі багато таємниць, запитань та цікавих фактів, що чекають на пояснення та дослідження. Так, досі не визначені чіткі межі Сонячної системи, дотепер учені сперечаються, що ж, врешті-решт, називати планетою? Багато таємниць криє в собі походження астероїдних поясів та поява нових комет із далеких районів Сонячної системи. Хто знає, може, саме вам судилося зробити свій внесок у пізнання нашого рідного дому — системи навколо зірки, ім’я якій — Сонце!

## Формування Сонячної системи

Коли Галілей винайшов телескоп та побудував першу підзорну трубу, він фактично відкрив нову еру сприйняття людиною космічних об’єктів та явищ. Уперше земний спостерігач побачив диски та поверхні інших планет. Уперше Сонце, Місяць та планети стали сприйматися як окремі світи — не просто краплинки світла на зоряному небі.

Так, пізнати процес її народження буде значно легше, якщо ми подивимося на нашу Сонячну систему з точки зору тієї перспективи, яку ми побудували з вами на початку знайомства з астрономією. Добре придивившись, ми зрозуміємо, що Сонячна система практично... порожня! Хоча, звичайно, ми зустрінемося з віддаленими одна від одної планетами, а також багатьма їхніми супутниками, кільцевими системами, не обійдеться і без знайомства з астероїдами та кометами, що теж є повноправними членами сонячної родини.

Протягом останніх трьох століть декілька теорій створення Сонячної системи змагалися в тому, яка з них зможе дати найбільш повну та вичерпну відповідь на всі запитання щодо народження планет та інших об’єктів навколо Сонця. В останні десятиліття велика кількість спостережних даних надала можливість підтвердити та підтримати одну з таких теорій — так звану пилову




*Завдяки обертанню навколо протозірки з пилу утворюється протопланетний диск*

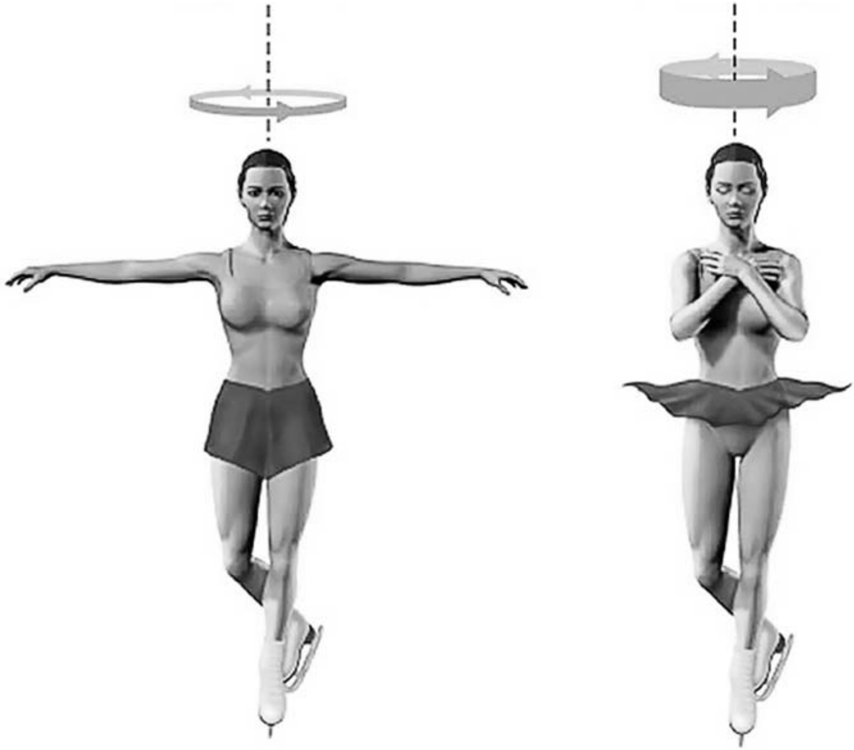
теорію, яка стверджує: наша Сонячна система народилася з гігантської газопилової хмари, що оберталася навкруг Сонця. Виходячи з об’єктивних висновків, тепер ми майже напевне знаємо, що з таких газопилових хмар народжуються всі планетні системи навколо інших зірок.

Як і весь Всесвіт, наша Галактика складається майже повністю з Гідрогену та Гелію. Проте космічні катастрофи — вибухи Наднових зірок, — що відбувалися частіше за прадавніх часів, але трапляються і сьогодні, стали джерелом постачання більш важких елементів Періодичної системи. Таким чином, попередні покоління зірок містили меншу кількість важких елементів, ніж теперішні.

Коли близько 4,6 мільярдів років тому народжувалася Сонячна система, тільки близько 2% вихідного Гідрогену та Гелію було перетворено на важчі елементи. Проте навіть цих 2% вистачило, щоб утворилися скелясті планети, що належать до земної групи (Меркурій, Венера, Земля, Марс), та виникли ми з вами! Але водень та гелій залишаються найпоширенішими газами у Всесвіті і складають, наприклад, основу Сонця та планет, які ми називаємо газовими гігантами, — Юпітер, Сатурн, Уран та Нептун.

Кожна зірка, як ми дуже скоро дізнаємося, народжується з окремої газопилової кулі або хмари. Домовимося називати хмару, з якої утворилося наше Сонце, сонячною туманністю. Отже, під дією якогось процесу (наприклад, зіткнення з ударною хвилею від вибуху Наднової зірки) сонячна хмара почала обертатися навколо власної осі та стискатися під впливом власної гравітації. Од самого початку це була розріджена хмара пилу та газу, що простягалася на сотні астрономічних одиниць у діаметрі. Коли ж у процесі стискання сонячна хмара досягла розмірів близько 200 а. о. (майже вдвічі більше за теперішній діаметр орбіти Плутона), три важливих процеси своїм впливом розпочали надавати Сонячній системі її сучасного вигляду.

Перший: температура сонячної туманності ставала дедалі вищою в процесі стискання. У самому центрі формувалася зірка, а на периферії маленькі частинки сонячної хмари групувалися у більші за розмірами. Другий: збільшилася швидкість обертання сонячної хмари навколо власної осі. Пригадайте, що трапляється з фігуристом під час змагань з фігурного катання, коли він складає руки біля грудей? Вірно, спортсмен починає обертатися все швидше. Тож із зменшенням розміру сонячної хмари швидкість її обертання навколо власної осі теж збільшувалася. Нарешті, третім важливим чинником формування Сонячної системи стало те, що сонячна хмара прийняла форму диска. Цей процес є природним результатом зіткнення різноманітних частинок і пояснює, чому у Всесвіті дископодібна форма є такою розповсюдженою (йдеться про спіральні та еліптичні галактики, акреційні диски навколо нейтронних зірок та чорних дір тощо — з усіма цими об’єктами ми познайомимося пізніше).



*Зі зменшенням радіуса тіла збільшується швидкість його обертання*

Із законів фізики випливає, що хмара на самому початку може мати будь-який довільний вигляд. Проте в процесі її стискання під дією гравітації вона все одно прийме дископодібну форму.

Саме дископодібне утворення, що сформувалося навколо молодої зірки — Сонця, і стало протопланетним диском — матерією, з якої згодом народилися планети Сонячної системи, а також малі тіла, що теж є її невід'ємними частинками.

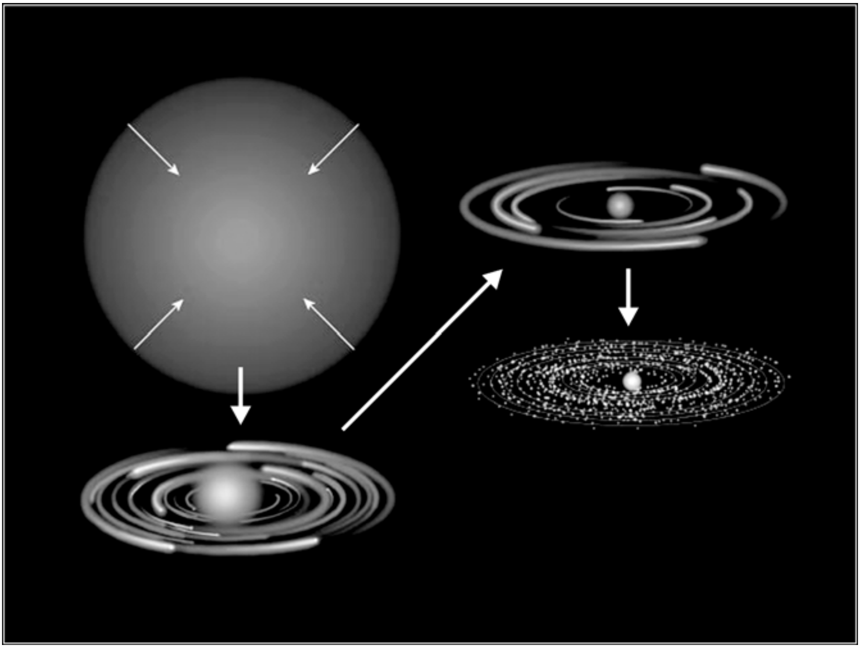
Як нам дізнатися, що запропонована теорія є саме тією, яка дасть необхідне (і вірне!) пояснення процесу народження планетної системи навколо Сонця? Для нас це дуже важливо, адже, по-перше, ми маємо знати витоки свого походження, а по-друге, такі знання можуть суттєво допомогти нам у пошуках позасонячних планетних систем. Тож будь-яка модель повинна не тільки описати наявні логічні припущення, але й дати наукове пояснення тих фактів і спостережень особливостей нашої планетної системи, що ними нині володіє сучасна наука. Планетологи виділили чотири таких основних факти.

По-перше, великі тіла Сонячної системи характеризуються упорядкованим рухом. Тобто Сонце і всі великі планети та більшість їхніх супутників обертаються навколо власної осі, мають майже кругові орбіти та рухаються ними в одному і тому ж напрямку. Винятком є Венера, що обертається навколо осі в протилежному напрямку. Усі орбіти у просторі лежать практично в одній площині.

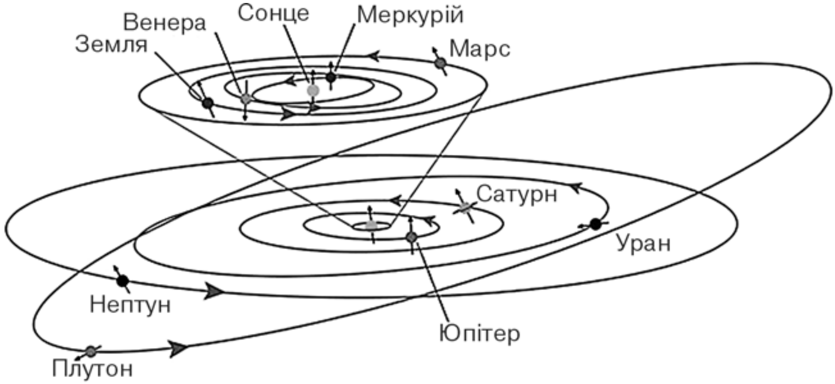
По-друге, великі планети можна розділити на дві групи: менші за розмірами скелясті планети земної групи близько Сонця та більші, багаті на водень газові планети-гіганти, що розташувалися далі від центральної зірки. Газові гіганти мають багато супутників та кільцеві системи, утворені з каменю та льоду.

По-третє, Сонячна система населена цілими роями комет та астероїдів. Астероїди сконцентровані в головному поясі астероїдів та частково у поясі Койпера, а комети спостерігаються частково в тому ж поясі Койпера, а походять, за сучасними уявленнями, з віддаленої хмари Оорта.

Нарешті, четвертою особливістю Сонячної системи є те, що для неї справедливі деякі винятки з загальноприйнятих правил та



*Неоднорідності в протопланетному диску створюють умови для виникнення планет та малих тіл*



*Орбіти великих планет Сонячної системи у просторі*

законів. Так, стабільно існують планети з незвичайними нахилами осі обертання, дуже великі супутники планет або супутники з незвичайними орбітами тощо.

Пилова теорія, з якою ми щойно познайомилися, пояснює левову частку таких несподіваних на перший погляд фактів. Проте ви не повинні гадати, що історія народження Сонячної системи вже є «розв'язаною задачею». Теорія завжди тісно пов'язана з тим, що ми спостерігаємо на практиці. Нині науковці займаються пошуками відповідей на конкретніші питання: чому саме там, саме таких розмірів та саме такого складу утворилися планети і т. ін.

Навіть маючи певність, що пилова теорія є правильною, ми не можемо не запитати: чи була наша сонячна туманність приречена сформувати Сонячну систему, яку ми спостерігаємо тепер? А що було б, якби деякі процеси пішли трохи не так, як це фактично сталося? Ми не знаємо напевне, чи призвело б це до радикальних змін у структурі Сонячної системи, а чи принесло б тільки такі зміни, як виникнення життя на Землі.

## Планети земної групи

Як ми вже згадували, великі планети Сонячної системи можна поділити за певними ознаками на дві групи: планети земної групи, до якої належать Меркурій, Венера, Земля та Марс, та газові планети-гіганти, а це Юпітер, Сатурн, Уран та Нептун. З певних причин Плутон не увійшов до жодної з груп. Можливо, саме тому тепер тривають дебати з приводу того, чи варто взагалі вважати Плутон великою планетою, чи, може, його краще «записати» до великих астероїдів поясу Койпера?

***Загальна характеристика планет Сонячної системи***

| Характеристика | Меркурій | Венера | Земля | Марс | Юпітер | Сатурн | Уран | Нептун | Плутон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Середня відстань від Сонця, а.о. | 0,387 | 0,723 | 1 | 1,524 | 5,203 | 9,539 | 19,182 | 20,058 | 39,439 |
| Середня відстань від Сонця, млрд. км | 0,058 | 0,108 | 0,1496 | 0,228 | 0,778 | 1,427 | 2,870 | 4,497 | 5,9 |
| Сидеричний період обертання, років | 0,24 | 0,62 | 1 | 1,88 | 11,86 | 29,46 | 84,01 | 164,8 | 247,7 |
| Середня орбітальна швидкість, км/с | 48 | 35 | 30 | 24 | 13 | 9,6 | 6,8 | 5,4 | 4,7 |
| Маса, г | $3,30\times10^{26}$ | $4,87\times10^{27}$ | $5,98\times10^{27}$ | $6,42\times10^{26}$ | $1,90\times10^{30}$ | $5,69\times10^{29}$ | $8,68\times10^{28}$ | $1,02\times10^{29}$ | $1,4\times10^{25}$ |
| Маса, маси Землі | 0,055 | 0,815 | 1 | 0,107 | 318 | 95,1 | 14,5 | 17,2 | 0,002 |
| Середня густина, г/см$^3$ | 5,44 | 5,24 | 5,52 | 3,94 | 1,27 | 0,64 | 1,285 | 1,64 | 2 (?) |
| Екваторіальний радіус, км | 2439 | 6051 | 6378 | 3394 | 71392 | 60268 | 25559 | 24765 | 1400 |
| Полярний радіус, км | – | 6051 | 6357 | 3376 | 68894 | 58300 | 25270 | 24340 | – |
| Прискорення вільного падіння на поверхні, од. земного g | 0,38 | 0,905 | 1 | 0,38 | 2,54 | 1,06 | 0,86 | 1,11 | 0,06 |
| Ефективна температура, К | 435 | 228 | 255 | 216 | 134 | 97 | 57 | 57 | 32 |
| Кількість природних супутників | – | – | 1 | 2 | 32 | 30 | 21 | 8 | 1 |

Планети земної групи мають декілька спільних рис. Так, це досить маленькі порівняно з газовими гігантами планети з досить великою середньою густиною речовини (у всіх планет земної групи її значення знаходиться в інтервалі близько 4—5,5 г/см$^3$). Три з чотирьох планет мають атмосфери (крім Меркурія), усі планети складаються з металевого ядра та скелястих порід, що утворюють мантію та кору.

Далі ми проведемо невеличку екскурсію цими планетами, щоб, окрім спільних загальних рис, познайомитися з особливостями, властивими кожній окремо.

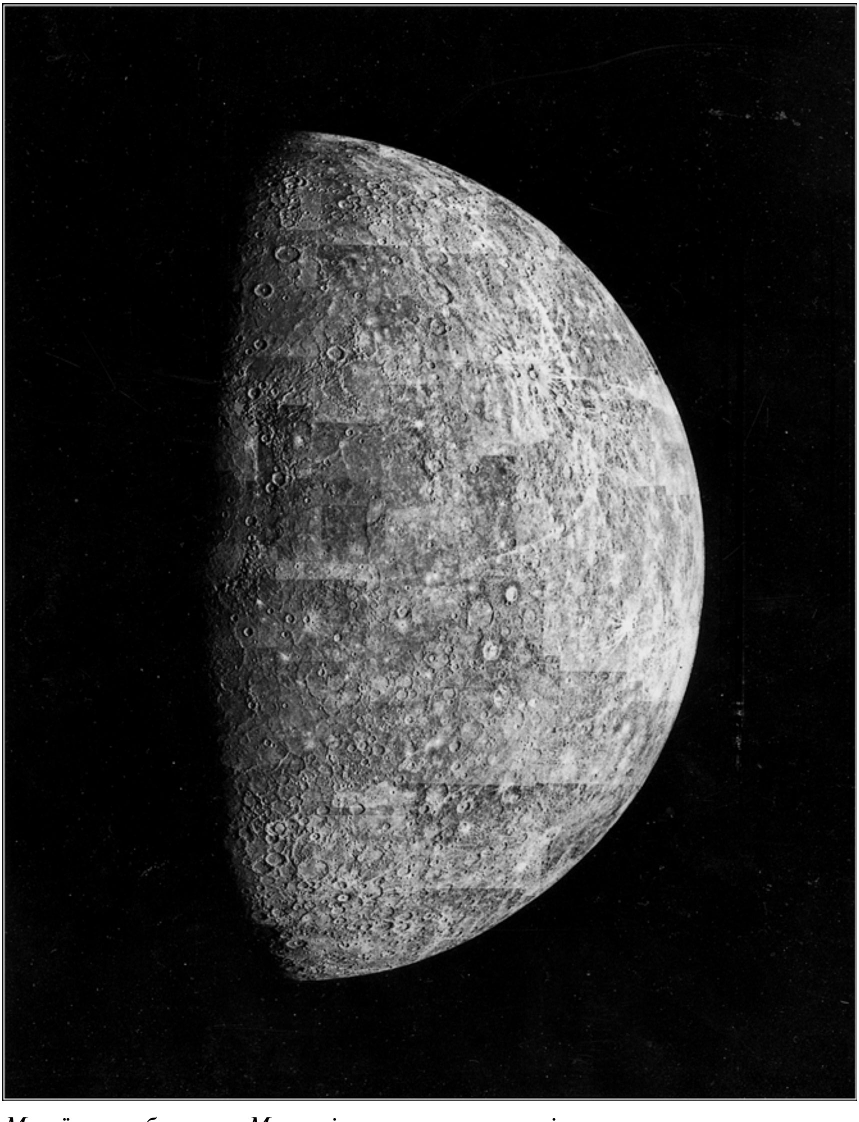
### *Меркурій*

Найближча до Сонця планета — Меркурій — буде стартовою точкою подорожі нашою рідною планетною системою. Цю планету може спостерігати кожен бажаючий. Достатньо вийти на відкриту місцевість одразу після заходу Сонця (або безпосередньо перед його сходом — залежно від того, з якої сторони від Сонця Меркурій знаходиться в певний час). У променях зорі ви побачите яскраву зірку, що тільки трохи поступається блиском Венері. Це й буде Меркурій. Проте спостерігати його, навіть людині, що має добрий зір, досить важко, бо він розташований дуже близько до Сонця. Меркурій можна спостерігати максимально трохи більше години хіба що на місці з відкритим горизонтом. Але навіть у телескоп ви не побачите на поверхні Меркурія жодної деталі.

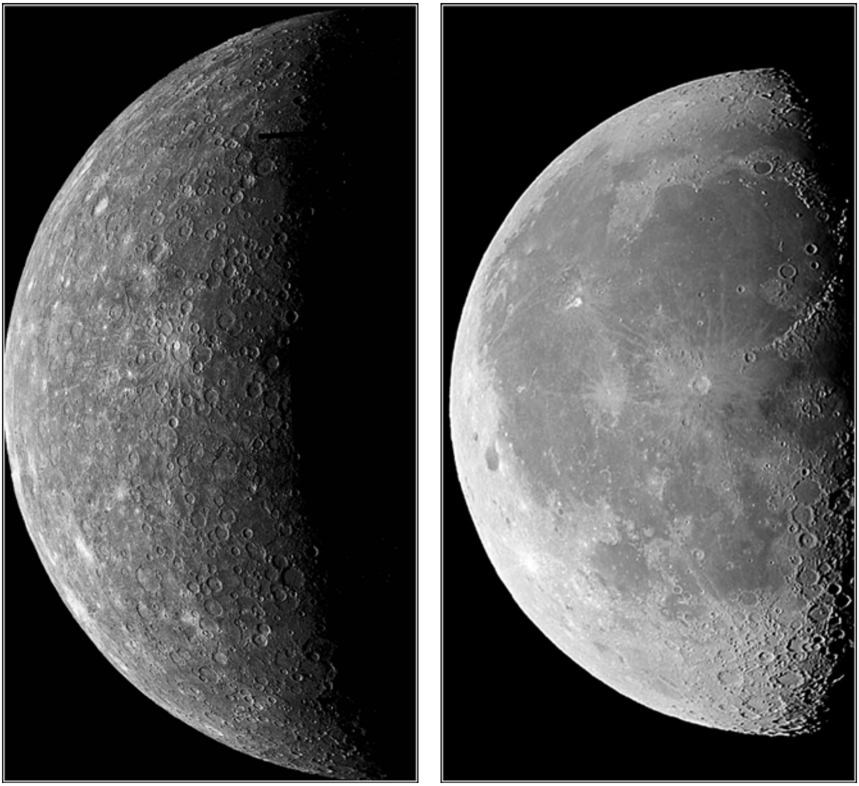
Меркурій — найменша (за винятком Плутона) планета Сонячної системи. Фактично — це мертвий світ кратерів, де немає активних вулканів, землетрусів, вітру, дощу. Звичайно, на цій планеті немає й життя. На Меркурії фактично відсутня атмосфера, яка б могла розсіювати сонячне випромінювання або надавати небу певний колір. Саме завдяки цьому навіть у сонячний день на поверхні Меркурія ви мали б змогу спостерігати зірки майже на абсолютно чорному тлі неба. Щоправда, простояли б ви там не дуже довго, бо вдень поверхня планети розігрівається до температури близько 420—430°C. Не менший дискомфорт ви б відчули і вночі. Через відсутність атмосфери, яка могла б утримувати тепло довгими меркуріанськими ночами (що, до речі, тривають близько трьох земних місяців), температура падає до позначки —150°C. Це значно нижчий показник за середню зимову температуру в Антарктиці!

Узагалі до недавнього часу, коли було розпочато дослідження поверхонь планет сучасними технічними засобами (включаючи експедиції автоматичних міжпланетних станцій), вважалося, що Меркурій завжди повернутий до Сонця одним і тим же боком, на якому тримається небувала спека. Його поверхню зображали

як море з розплавлених металів та породи. Насправді ж відомо, що коли Меркурій проходить перигелій (точку найбільшого зближення з Сонцем), то повертається до денного світила то одним, то протилежним боком по черзі. Дуже незвичайним є також рух Сонця небом Меркурія. Так, схід та захід Сонця на Меркурії можна спостерігати аж тричі на день! Щоправда, день на цій



*Мозаїка з зображень Меркурія, отриманих космічним апаратом «Маринер-10». Фото: JPL/NASA/USGS*



*Порівняйте ці зображення Меркурія (зліва) та Місяця у фазі останньої чверті (справа). В них багато спільного, чи не так?*

планеті триває у 176 разів довше, ніж на Землі... Залежно від вашого положення на поверхні Меркурія, ви змогли б навіть спостерігати, як Сонце зупиняється на небі або починає рухатися у зворотному напрямку!

Меркурій — досить маленька планета, проте вона є відносно важкою — густина меркуріанської речовини досягає значень, близьких до земних. Рельєф меркуріанської місцевості дуже складний. Його поверхня розрита кратерами — слідами катастрофічних зіткнень з іншими небесними тілами. На тлі великих старих кратерів спостерігається багато менших, більш молодих. Це свідчить про те, що з часом розміри тіл, які падали на поверхню Меркурія, зменшувалися. Це повністю підтверджують існуючі тепер теоретичні уявлення. Треба сказати, що картина меркуріанської поверхні дуже схожа на картину поверхні Місяця — природного супутника нашої планети. Цікаво, чи ви одразу відрізнили б Меркурій на фотографії?

Нещодавно радіолокаційні дослідження дозволили виявити на поверхні Меркурія великі запаси водяного льоду. У полярних шапках спостерігали чисельні «радіоплями», що за характером зворотного сигналу належать , напевне, льодовим відкладенням. Справа в тому, що (як і на Місяці) сонячне проміння ніколи не доходить до навіть не дуже глибоких кратерів у полярних широтах Меркурія, що сприяє накопиченню та «консервуванню» там льоду.

Меркурій — досить легка за масою планета. Через це він швидко втратив свою атмосферу, яка, на думку вчених, так і не встигла повністю сформуватися. Та причина цього — не тільки маленька маса планети. Близькість до Сонця, що спричиняє велику температуру та потужний сонячний вітер, теж відіграла в цьому процесі важливу роль. Проте сучасні дослідження вказують усе ж таки на присутність на Меркурії дуже розріджених залишків атмосфери — її тиск у 500 мільярдів разів менший за атмосферний тиск на поверхні Землі!

### *Венера*

Друга планета на нашому шляху — Венера. Цікава вона насамперед тим, що за розмірами приблизно однакова з нашою рідною Землею. Тому її часто називають «сестрою» Землі. Проте збігом розмірів наша спорідненість, вважайте, закінчується: Венера зовсім не така гостинна для життя, як Земля.

Венера — єдина з планет земної групи, яка не дає нам змоги спостерігати її поверхню. Заважає цьому дуже густий шар хмар. Узагалі життя на тій Венері, що відома сучасній науці, могло би стати втіленням наших уявлень про справжнє пекло. Судіть самі: сильний парниковий ефект спричиняє майже постійну спеку на рівні 450°С! При цьому ви не відчуваєте майже ніякого полегшення, коли сідає Сонце: і вдень, і вночі на Венері колосальна температура. Щоб довершити намальовану картину, зазначимо, що тиск на поверхні Венери майже такий, як на кілометровій глибині під водою на нашій рідній Землі.

Окрім неприємних відчуттів температури та тиску, відвідувач Венери, звичайно ж, міг би постраждати від їдких та токсичних речовин, що входять до складу її атмосфери: сірчаної кислоти, метану тощо.

Наявність на Венері щільної атмосфери довів ще Михайло Ломоносов. Сталося це під час спостереження одного з проходжень планети сонячним диском (до речі, востаннє ця подія сталася зовсім нещодавно — 8 червня 2004 року). Тож як тільки диск Венери починав заходити або вже майже сходив із диска Сонця, на всьому диску планети з’являвся яскравий обідок. Це трапляється



*Мозаїка, побудована у псевдокольорах за даними радарних спостережень з борту космічного апарата «Магеллан». Фото: JPL/NASA*

тому, що сонячні промені, проходячи крізь венеріанську атмосферу, заломлюються та змінюють шлях свого руху в просторі. Якщо б на Венері атмосфера була відсутня (як це видно на прикладі Меркурія), то земний спостерігач бачив би лише «вищерблення» на диску нашого денного світила.

Про хмаровий шар на Венері можна також судити з фотографічних та візуальних спостережень у телескопи навіть середньої потужності. Венера обертається навколо власної осі в напрямку, протилежному напрямкові обертання Землі. Над поверхнею, що обертається досить повільно, із величезною швидкістю (біля 100 м/с) обертається атмосфера. На фотознімках це обертання можна простежити у вигляді спіральних та волокнистих структур, що мають певний напрямок розвитку.

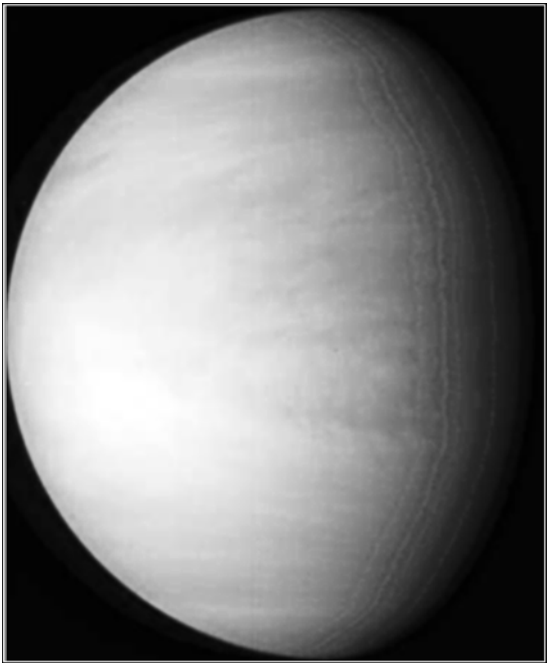
Поверхня Венери була досліджена за допомогою автоматичних міжпланетних станцій. Кілька століть тому поверхню, прихо-

вану за щільним шаром венеріанської атмосфери, уявляли як живе втілення раю: постійно квітучі сади, повноводні ріки та моря, теплий клімат на всій планеті. Дані наукових досліджень розвіяли ці романтичні сподівання, показавши Венеру в зовсім не такому привабливому вигляді. На зображеннях венеріанської поверхні, переданих земними зондами, ми можемо бачити досить сумний та монотонний пейзаж із каменів та валунів різного розміру. Гори на Венері досягають висоти декількох кілометрів. Узагалі рельєф Венери характеризується рівнинами, низинами та гірськими районами. Гори, проте, займають лише невелику частку венеріанської поверхні. Більшу частину ґрунту на Венері складає кремнезем.

У багатьох районах Венери зможемо побачити кратери — сліди минулих зіткнень з небесними тілами, що розподілені венеріанською поверхнею майже рівномірно. Вони мають найрізноманітніші розміри — від досить невеликих (1—1,5 кілометра) до величезних цирків діаметром близько 280 кілометрів.

Майже 500 000 років тому мало місце досить помітне посилення тектонічної активності на Венері, що призвело до значних змін на її поверхні. Останнім часом близько 1 600 активних венеріанських вулканів викидають приблизно стільки речовини, скільки й вулкани на Землі.

Цікаво також відзначити, що на Венері реєструються грози. Блискавку на Венері можна побачити значно частіше, ніж на Землі. Зонди, що перебували на венеріанській поверхні, реєстрували кілька десятків електричних розрядів за секунду. Проте здебільшого це не звичні для нас блискавки, а електричні розряди, що супроводжують вулканічні виверження.



*Венера, огорнена щільною атмосферою. Знімок через телескоп*

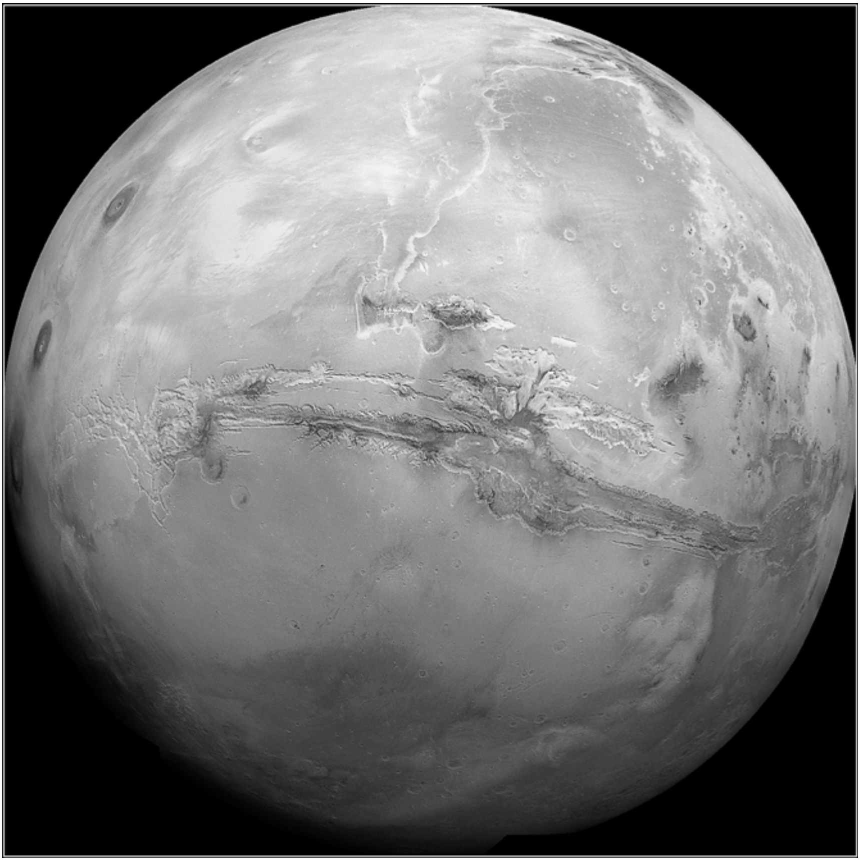
### *Марс*

Пройшовши цього разу повз Землю — нашу рідну планету, яку ми знаємо нібито набагато краще, ніж усі інші, — прямуємо в нашій уявній екскурсії до наступної «зупинки» — Червоної планети Марс.

Марс — справжній світ чудес та несподіванок. Величезні вулкани важко порівняти з будь-якою з великих земних гір, а колосальний каньйон, що простягається планетою майже на одну п'яту всього шляху — так звана долина Маринерів, залишить далеко



*Композиція приблизно зі 100 зображень, отриманих космічним апаратом «Вікінг Орбітер» на відстані 2 500 км від поверхні Марса. Фото: USGS*



*Марс і долина Маринерів. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

позаду Каньйон смерті у Сполучених Штатах Америки. Зміна пір року, як і присутність полярних шапок, що складаються переважно зі ствердiлого діоксиду Карбону («сухого льоду») та водяного льоду, роблять Марс теж трішки схожим на Землю.

Узагалі, попри те, що тепер Марс більше нагадує холодний та безжиттєвий світ, наявність висохлих річкових берегів та долин, що, можливо, були дном моря або океану, вказують на часи, коли Марс був теплим та вологим. У тому вигляді, можливо, Марс міг бути гостинним для життя, доки ера вологої планети не скінчилася щонайменше три мільярди років тому.

На знімках, отриманих за допомогою космічних апаратів, Марс виглядає майже так само, як і деякі регіони нашої рідної планети. Але ж ви навряд чи забажаєте відвідати Червону планету без спеціального спорядження. Атмосферний тиск на мар-



*Панорама поверхні Марса, передана космічним апаратом «Вікінг-2»*

сіанській поверхні менший навіть за тиск на вершині Евересту, а температура здебільшого знаходиться нижче нульової позначки за шкалою Цельсія. До того ж кисню в марсіанській атмосфері, напевне, не вистачило б для підтримання дихання, а майже відсутній озоновий шар піддав би вас досить жорсткій атаці сонячного ультрафіолету.

Дуже цікавою є поверхня Марса. Кратери розподілені не так рівномірно, як на Венері, — в екваторіальних районах їх значно більше, тоді як у районах полярних шапок вони майже відсутні. Червоного забарвлення марсіанському ґрунту надають гідрати оксидів Феруму, що формують «пудру» на силікатному піску. Пил, утворений гідратами оксидів Феруму, є дуже динамічним. Саме завдяки цьому на Марсі і мають місце відомі земним спостерігачам колосальні пилові бурі, що досить часто заважають спостереженням, особливо в періоди протистояння Марса (із цією конфігурацією ми познайомимося трохи нижче).

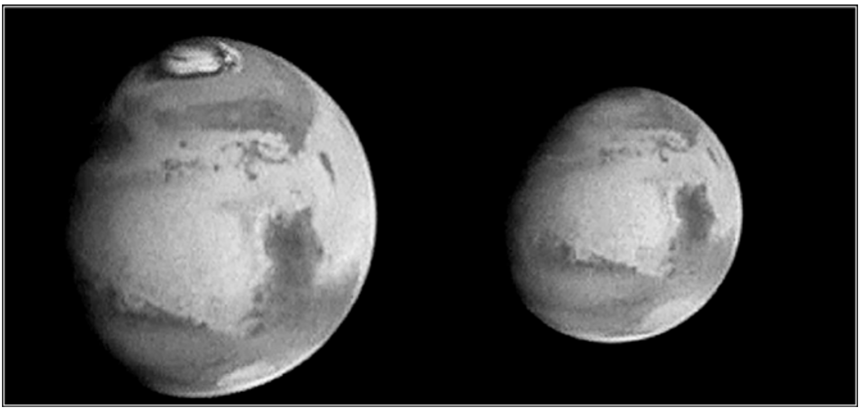
Активна вулканічна діяльність зумовила наявність на марсіанській поверхні численних розламів, тріщин та подібних деталей. Проте походження одного з них — уже знайомої нам долини Маринерів — залишається таємницею за сімома печатками. Розміри цього створіння природи вражають: його довжина близько 4 500 кілометрів, а при глибині у 5—7 кілометрів атмосферний тиск на дні майже вдвічі більший, ніж на поверхні! Ще одним відомим рекордсменом є найбільший вулкан у Сонячній системі — гора Олімп, що має за різними оцінками висоту в 25—27 кілометрів.

Марс має досить оригінальне положення в просторі: його орбіта витягнутіша, ніж у більшості інших планет, тому тривалість сезонів у північній та південній півкулях різна.

Взаємне положення Марса та Землі, як і у випадку з усіма іншими планетами, знаходиться в постійній динамічній зміні. Кожні 780 діб Марс вступає в протистояння із Землею. Протистояння — це така конфігурація планети відносно Землі та Сонця, коли всі три тіла утворюють уявну пряму «Сонце — Земля — планета». Назва цієї конфігурації, як і багатьох інших, з'явилася ще за часів астрологів, які були прихильниками геоцентричної системи світу. Тобто Земля знаходилася в центрі системи, а Сонце в такій конфігурації ніби протистоїть певній планеті крізь центр Землі. Через витягнуту орбіту відстань від Землі до Марса в протистоянні (коли вони максимально зближені) змінюється від 55 до 102 мільйонів кілометрів. Коли ця відстань не перевищує 60 мільйонів кілометрів, астрономи кажуть про Велике протистояння Марса. Останнє Велике протистояння, до речі, найщільніше за останні 60 000 років, сталося о 9 годині 51 хвилині за Всесвітнім часом 27 серпня 2003 року, коли Землю і Марс розділяло всього 55 758 006 кілометрів! Востаннє таке щільне зближення було у 57 617 році до н. е., а наступне «рекордне» Велике протистояння відбудеться 28 серпня 2287 року.

Неможливо стисло дати повне уявлення про всі ті цікаві факти, деталі та загадки, що являє собою ця дивовижна планета. Проте короткий штрих може зацікавити вас та надихнути на вивчення більшого обсягу матеріалів, присвячених таємницям Червоної планети!

Марс є планетою, що сьогодні вивчається найбільш активно (звичайно, після нашої рідної Землі!). Близько двох десятків різ-



*Порівняйте видимі розміри Марса в протистоянні (зліва) та кілька місяців потому (справа). Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

номанітних автоматичних міжпланетних станцій пролітали, виходили на орбіту або робили посадку на поверхню Червоної планети, і на цьому плани вчених аж ніяк не закінчуються. Протягом найближчих десяти-п'ятнадцяти років цілком вірогідний пілотований політ на Марс із можливою висадкою першої людини на марсіанську поверхню. Шляхом буріння прадавніх річкових берегів або вивчення льодовиків полярних шапок Марсу дослідники будуть завзято шукати елементи присутності життя на Червоній планеті в минулому, а також, можливо, знайдуть певні докази її наявності тепер. Хто знає, можливо, якимсь мікроорганізмам стало сил вижити і дочекатися?

## Планети-гіганти

Другою окремою групою великих планет Сонячної системи ми виділили газові планети-гіганти. Уже з назви ви можете напевне зрозуміти, що здебільшого вони складаються з газуватих речовин. Головна спільна риса цих планет — наявність (псевдо)металевого ядра, кори з твердих та рідких газів та дуже щільної атмосфери з різноманітних газів. Переважають у таких атмосферах водень та гелій, проте досить помітною є присутність метану, аміаку, діоксиду Карбона та інших. Як і з планетами земної групи, познайомимося з кожною із представниць цієї групи окремо.

### *Юпітер*

Юпітер настільки відрізняється від тих планет внутрішньої Сонячної системи, з якими ми вже познайомилися, що нам доведеться створити дещо нове поняття про термін «планета» для розуміння будови та особливостей газових планет-гігантів.

Юпітер є наймасивнішою планетою Сонячної системи. Він у 318 разів важчий за Землю та майже у 100 разів перевищує її за об'ємом. Насправді Юпітеру не вистачає зовсім небагато для того, щоб порівнятися з досить невеличкою зіркою. Проте, як ви скоро дізнаєтесь, Юпітер став би зіркою лише за умови, що його маса була би ще більшою: тільки під дією сил гравітації в небесному тілі, якщо вони досить потужні, створюється висока температура, якої достатньо для запуску ядерних реакцій, характерних для зірок. З Юпітером цього вже ніколи не станеться.

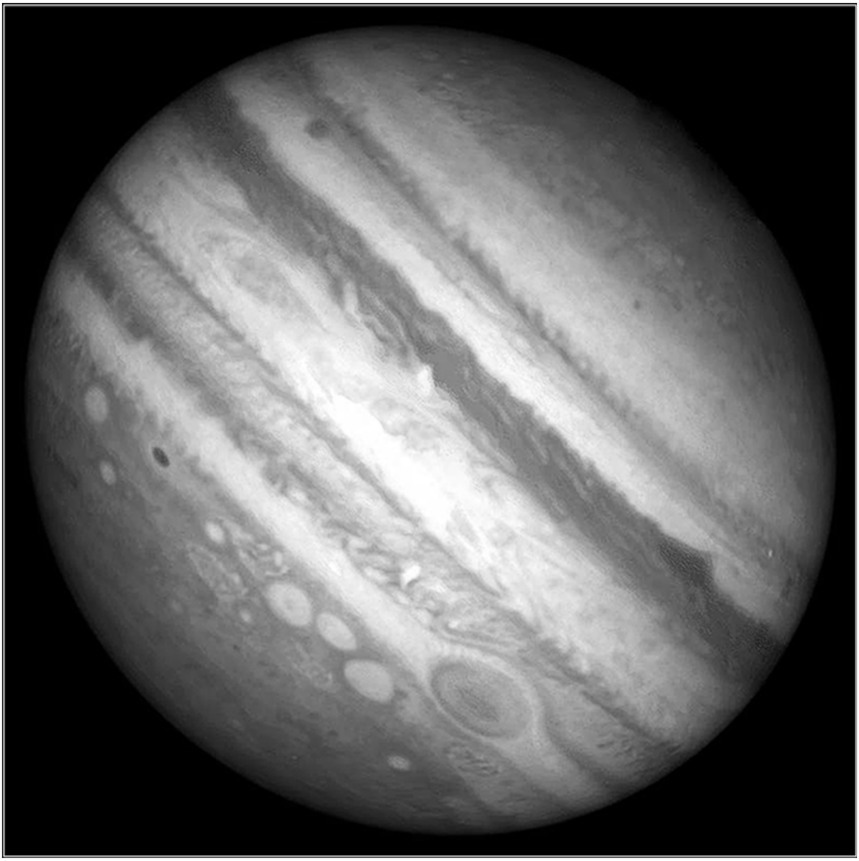
Юпітер відносно добре вивчений астрономами. Це сталося тому, що багато деталей його видимої поверхні можна розглянути, використовуючи навіть найпростіші астрономічні інструменти. І першою характерною рисою, що впадає в око при спостереженні Юпітера,



*Зображення Юпітера з борту космічного апарата «Вояджер-2» (відстань до Юпітера 46 млн. км). Фото: JPL/NASA*

його сплюснутість на полюсах, бо, будучи газуватим та рідким на досить великий відсоток, Юпітер дуже швидко обертається навколо власної осі. Один оберт він робить усього за 10 годин, тоді як навіть Землі на це потрібно аж 24 години. Завдяки такій особливості екваторіальний діаметр Юпітера помітно більший за полярний.

Видима поверхня Юпітера, яку ми маємо змогу спостерігати в телескоп, являє собою газувату оболонку. При візуальних спостереженнях Юпітер виглядає трохи жовтуватим, і на цьому тлі дуже добре виділяються сірі, коричневі, червонуваті та навіть іноді синюваті і зеленуваті смуги. Це — атмосферні формування, що знаходяться під постійним впливом газових потоків та потужних



*Юпітер із головними деталями своєї атмосфери. Знімок через телескоп*

вітрів у юпітеріанській атмосфері. Через це вони є надто змінними. Щодо твердої поверхні Юпітера, то ми не маємо змоги спостерігати її з Землі у звичайні телескопи.

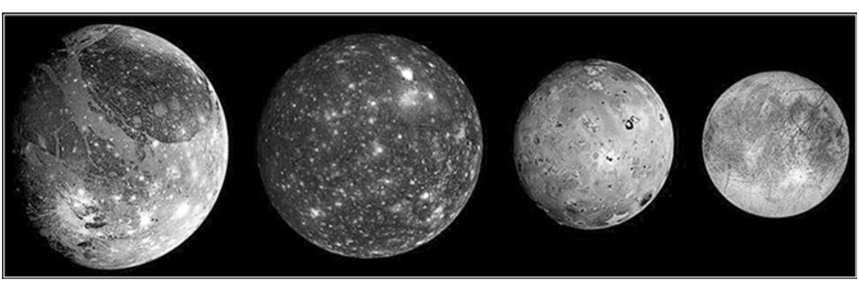
Юпітер має більше 30 супутників, найвідомішими з яких є чотири, що були найпершими відкриті ще Галілеєм — Іо, Європа, Ганімед та Каллісто. Вони носять назву «галілеєвих супутників», і саме завдяки їм уявлення вчених про супутники інших планет Сонячної системи було суттєво розширене та доповнене новими спостережними даними.

Особливою відзнакою юпітеріанської атмосфери є добре відома Велика Червона Пляма. Вона розташована в південній півкулі планети та являє собою стабільну область червонувато-рожевого відтінку. Розміри Червоної Плями вражають — 14 000 на 35 000 кілометрів! З часу свого відкриття у XVII столітті Пляма залишається майже

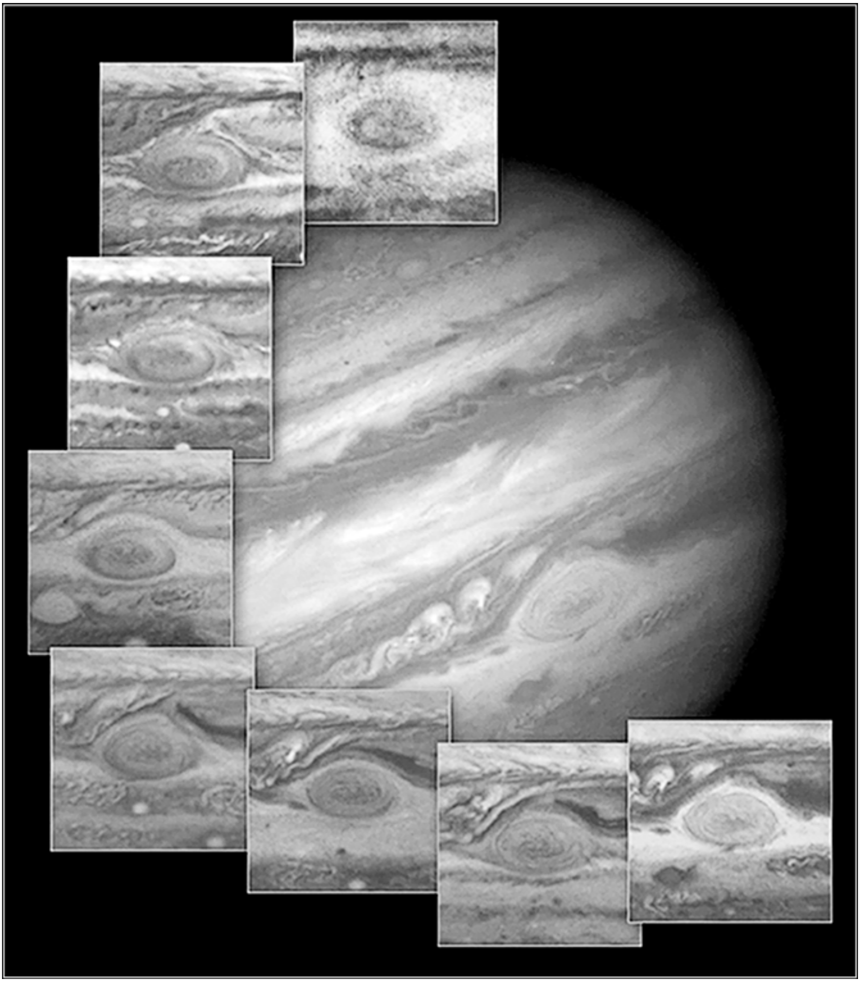
незмінною за своєю структурою та займає одне й те саме місце у верхніх прошарках атмосфери Юпітера. Цікаво відзначити, що з часом змінюється інтенсивність та наповнення забарвлення Плями. При цьому такі зміни носять суто періодичний характер. Спостереження та дослідження, проведені автоматичними міжпланетними станціями «Піонер-11» та «Вояджер-1», надали змогу довести, що Велика Червона Пляма має вихрову природу. Тобто мова йде про велетенський циклон в атмосфері Юпітера, що обертається навколо власної осі з періодом у 6 земних діб. Деякою мірою цей циклон можна порівняти з газовою «дзиґою». З подібними утвореннями в земній атмосфері ми стикаємося чи не кожного дня — це звичайні для нас циклони та антициклони, про активність яких сповіщають синоптики. Проте вихор на Юпітері відрізняється від земних циклонів та антициклонів двома значними рисами: він набагато масивніший, однак не пересувається юпітеріанською атмосферою, а залишається стабільно на одному місці вже близько трьох століть.

Велика Червона Пляма, на думку сучасних учених, є природним формуванням. По суті, це не єдиний об'єкт такого типу: рухлива та динамічна атмосфера Юпітера характеризується наявністю більше десяти подібних циклонічних утворень. Просто Червона Пляма є найбільшою, а відтак і найпомітнішою.

Юпітер, як і Земля, має своє власне магнітне поле. Воно утворює навколо диска планети магнітосферу, що впливає на рух заряджених частинок у полі своєї дії. Проте треба брати до уваги той факт, що магнітне поле Юпітера більш ніж у 50 разів потужніше за земне. Як і на Землі, магнітні полюси Юпітера не збігаються з «юпітерографічними», тобто з віссю його обертання. Через наявність потужного магнітного поля, що простягається у просторі майже на 6 мільйонів кілометрів, для Юпітера в досить високих широтах обох півкуль характерна наявність яскравих полярних сяйв. Вони іноді бувають такими винятково яскравими, що їх вдається спостерігати навіть із Землі!



*Галілеєві супутники Юпітера. Зліва направо: Ганімед, Каллісто, Іо та Європа. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*



*Велика Червона Пляма в атмосфері Юпітера та її еволюція (фотомонтаж). Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

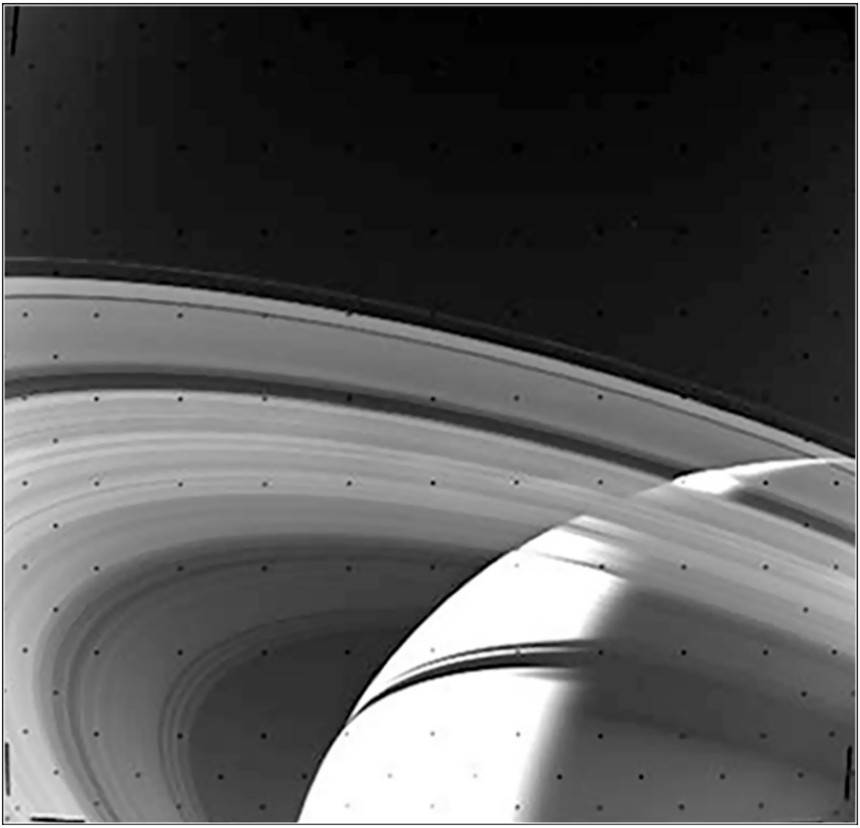
Звичайно, відомою рисою Юпітера є його потужне гравітаційне поле, що прямо пов'язане з його величезною масою. Дійсно, наймасивніша планета Сонячної системи досить сильно впливає на рух інших небесних тіл, що проходять на певній відстані від неї. Так, Юпітер відіграє важливу роль в еволюції орбіт комет, деяких астероїдів, а також метеорних роїв тощо.

Узагалі Юпітер можна деякою мірою вважати певним проміжним об'єктом між карликовими зірками та планетами земної групи. Саме завдяки цьому він є таким своєрідним.

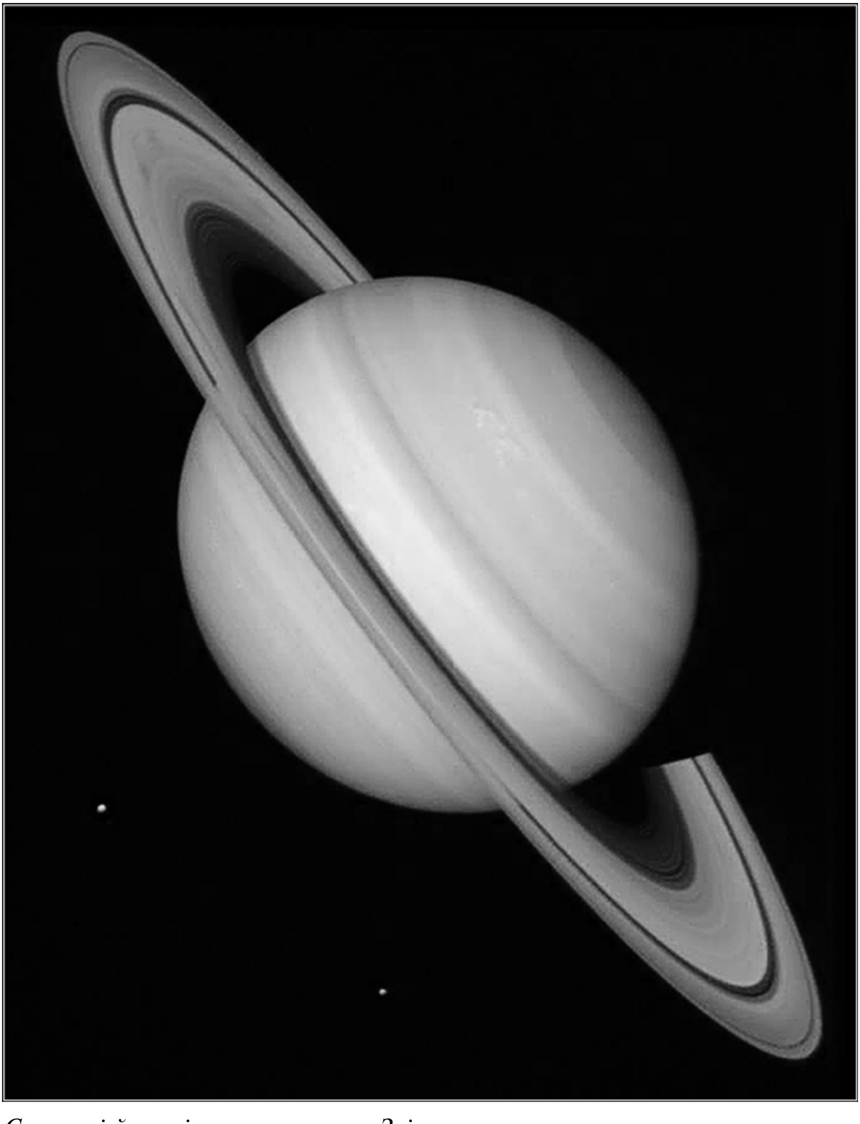
### *Сатурн*

Наступною планетою, з якою ми будемо знайомитись у нашій уявній екскурсії, стане Сатурн. Від Юпітера він віддалений на значно більшу відстань, ніж ті, що нам доводилося «перетинати» під час нашого знайомства з планетами земної групи, які знаходяться у «внутрішній» Сонячній системі.

Сатурн не набагато менший за Юпітер, проте суттєво менш масивний — за масою він поступається Юпітеру майже втричі. Неважко зрозуміти, що густина речовини, з якої складається Сатурн, менша за юпітеріанську. Вражає й те, що його густина менша за густину води. Тобто, якщо Сатурн опинився б, наприклад, у величезному басейні, то він би не потонув, а продовжував би плавати на поверхні! Так само, як і Юпітер, Сатурн здебільшого складається з водню та гелію. Спектральні дослідження, проте, надали змогу вченим зафіксувати значнішу частку метану порівняно з Юпі-



*Кільця Сатурна. Знімок космічного апарата «Вояджер-2»*



*Сатурн і його кільцева система. Знімок через телескоп*

тером, а також наявність етилену та ацетилену в сатурніанській атмосфері. Як і Юпітер, Сатурн сплющений біля полюсів і навіть трохи більше за попередню планету Сонячної системи.

Перш за все Сатурн відомий своєю видовищною кільцевою системою. Попри те, що всі чотири газових гіганти мають власні кільцеві системи, тільки кільця Сатурна можна легко спостерігати з Землі навіть у невеликі телескопи. З такої відстані кільця можуть

справляти враження чогось єдиного, твердого та міцного. Насправді ж таке уявлення надто хибне. Адже нині напевне відомо, що коли ви спробуєте зануритись у кільце, то опинитесь у нескінченному вирі численних маленьких часток каменю та льоду розміром від зернини до монолітного блоку. Окрема частинка кільця здебільшого не перевищує в поперечнику 10 метрів. Кожна з тих частинок обертається навколо планети, як дуже маленький супутник. Загальна товщина кілець приблизно 2 кілометри.

Газувата атмосфера Сатурна має близько 1 000 кілометрів заввишки. Під атмосферою, як і в Юпітера, ховається океан з рідкого водню та гелію, що заливає всю планету. Зі зростанням глибини температура теж зростає, і на позначці 60 000 кілометрів сягає вже 10 000°С! До цих умов додається ще колосальний тиск, що зумовлює присутність як на Юпітері, так і на Сатурні кори з водню у незвичному для земних умов металевому стані. Саме цей прошарок, що добре проводить електричний струм, зумовлює існування потужного магнітного поля цих планет. Під прошарком із металевого водню при температурі близько 20 000°С та під величезним тиском знаходиться ядро, що складається з розплавлених силікатів та металів. У Сатурна маса ядра в 9 разів перевищує масу нашої рідної планети.

Щодо супутників, то Сатурн, як і Юпітер, має їх щонайменше 30. За допомогою середніх телескопів у ясну ніч можна візуально розрізнити десять із них, якщо пощастить — трохи більше. Найвідоміший із супутників Сатурна, Титан, за своїми розмірами залишає позаду навіть планету Меркурій!

З такого конспективного знайомства можна зробити важливий висновок, що за багатьма рисами Юпітер та Сатурн досить сильно нагадують один одного.

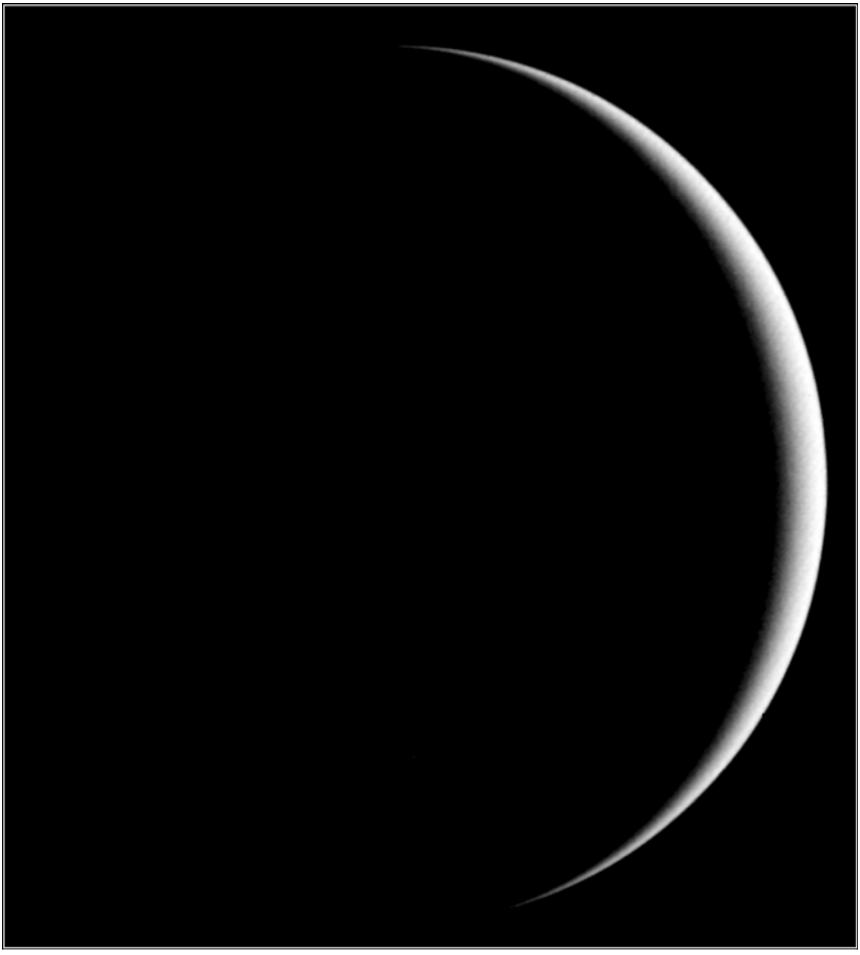
### *Уран та Нептун*

Багато спеціалістів вважають Уран та Нептун планетами-близнятами. Обидві планети знаходяться майже на межі планетарної Сонячної системи та повільно обертаються навколо нашої денної зірки.

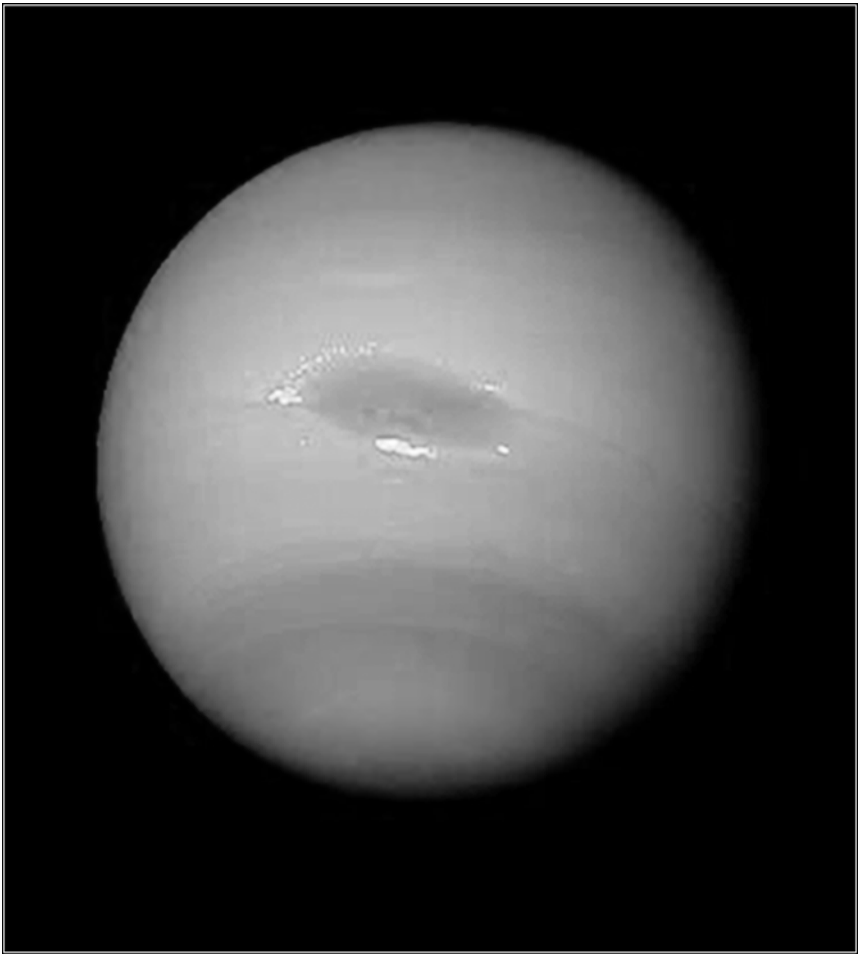
Уран набагато менший за Юпітер та Сатурн, але все ж таки суттєво більший за Землю. Його атмосфера складається переважно з водню, гелію та вуглеводнів, таких як метан. Саме останні й надають Урану блідого зеленувато-синього кольору. Як і інші газові гіганти Сонячної системи, він ніколи не показує земним спостерігачам своєї поверхні. Вона, як ви вже помітили, типово представлена у вигляді океану переважно з рідкого водню та гелію.

Узагалі твердять, що Уран та Нептун являють собою певні проміжні об’єкти між «напівзірками» Юпітером та Сатурном і планетами земної групи.

Як ми вже говорили, Уран та Нептун теж мають невеликі та недосяжні спостереженням з Землі кільцеві системи. Цікавим є те, що вся система — Уран, його кільця та супутники — ніби «котяться» на боці. Справа в тому, що вісь обертання Урана навколо себе майже збігається із площиною його навколосонячної орбіти. Це могло стати результатом катастрофічного зіткнення, що сталося близько 4,6 мільярдів років тому, коли Уран тільки формував-



*Зображення Урана з борту космічного апарата «Вояджер-2». Фото: JPL/NASA*



*Нептун і великий циклон у його атмосфері. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

ся. Тепер така незвичайна орієнтація спричиняє досить нетиповий режим сезонних змін на Урані. Так, якщо б ви надумали здійснити подорож до цієї планети, то стали би свідками тривалого періоду денного світла, що займав би половину періоду обертання планети навколо Сонця (близько 42 років). Аж потім, після повільного заходу, ви б опинилися посеред 42-річної ночі.

Серед усіх планет, з якими ми встигли познайомитися, Уран став першою «відкритою» планетою. Тобто усі попередні «знайомі» досить яскраві і їх добре видно на тлі зоряного неба навіть неозброєним оком. Через це вони були відомі майже всім людським культу-

**Найхолоднішим об'єктом Сонячної системи є супутник Нептуна Тритон. Температура на його поверхні становить -235°C. При такій температурі більшість азоту на Тритоні сконденсувалася та замерзла.**

рам з прадавніх часів. Уран було відкрито у 1781 році відомим англійським астрономом та телескопобудівником Вільямом Гершелем.

Нептун — це фактично копія Урана. Майже такий самий за розмірами та середньою густиною речовини, він тільки набагато синіший. Найбільший супутник Нептуна — Тритон. Він має цікаву особливість: обертається навколо планети в напрямку, протилежному до напрямку обертання інших супутників та Нептуна навколо власної осі. Цей факт наштовхує астрономів на думку, що Тритон спочатку міг бути не природним супутником Нептуна, а був захоплений його гравітаційним полем, як один із числа астероїдів.

Цікавою є історія відкриття Нептуна. По суті, цей факт став тріумфом теорії всесвітнього тяжіння, що була розроблена та запропонована Ісааком Ньютоном наприкінці XVII століття. У середині XIX століття детальні спостереження за Ураном, яких накопилося вже досить багато для статистики, показали, що його орбіта дещо відрізняється від теоретичної, яка була розрахована за законами Ньютона. Англійський фізик та астроном Джон Адамс запропонував пояснити цю невідповідність наявністю досі не відкритої «восьмої планети», що обертається навколо Сонця за орбітою Урана. Після відповідних обчислень він навіть вказав на ймовірне місцезнаходження невідомої планети на небі та вимагав телескопічних пошуків. На жаль, Адамс на той час був лише студентом та не зміг переконати наукову спільноту у своїй правоті.

Улітку 1846 року французький астроном Урбен Левер'є незалежно від Адамса зробив схожі обчислення та відіслав відповідного листа своєму колезі з Берліна, астроному Йогану Галле. Вночі 23 вересня 1846 року Галле направив свій телескоп у точку на небі, передбачену Левер'є. Там у радіусі всього в 1° він дійсно знайшов невідому доти восьму планету, що отримала назву Нептун! Таким чином, відкриття Нептуна фактично відбулося «на кінчику пера» і лише підтверджене традиційними астрономічними засобами.

## Малі тіла Сонячної системи

Ось ми з вами і познайомилися з планетами — великими тілами Сонячної системи, основною відмінністю яких від усіх інших є геологічна і тектонічна активність у минулому або на сучасному

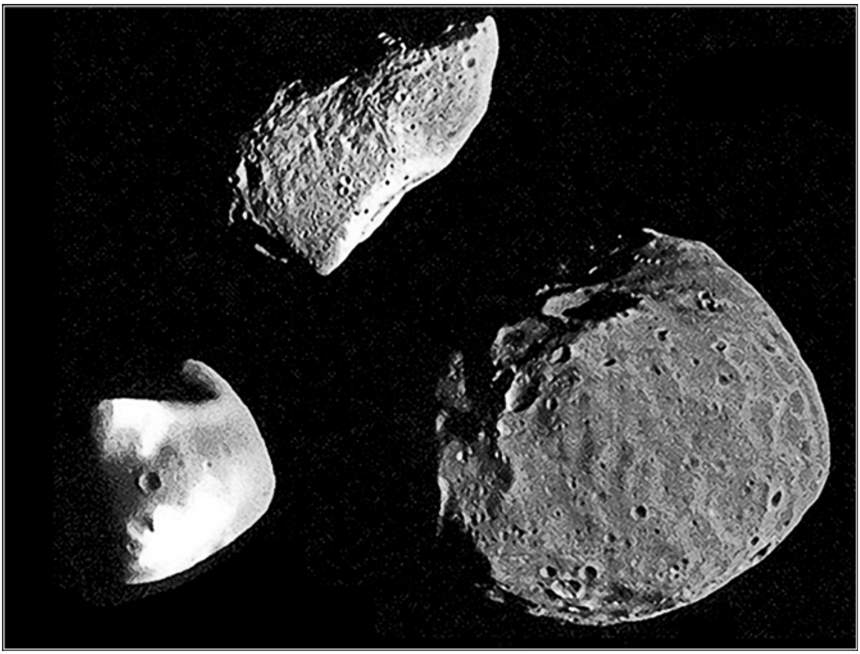
етапі. Усі планети можна охарактеризувати як об'єкти диференційовані. Тобто важчі їх складові знаходяться глибше за легші.

Виходячи зі знань про формування планетної системи навколо нашої денної зірки, ми можемо виділити ще один тип об'єктів. Це будуть малі тіла Сонячної системи. Їх називають ще залишками — дійсно, за сучасними уявленнями вони просто не змогли або не встигли сформуватись у дещо інше, більше та величніше.

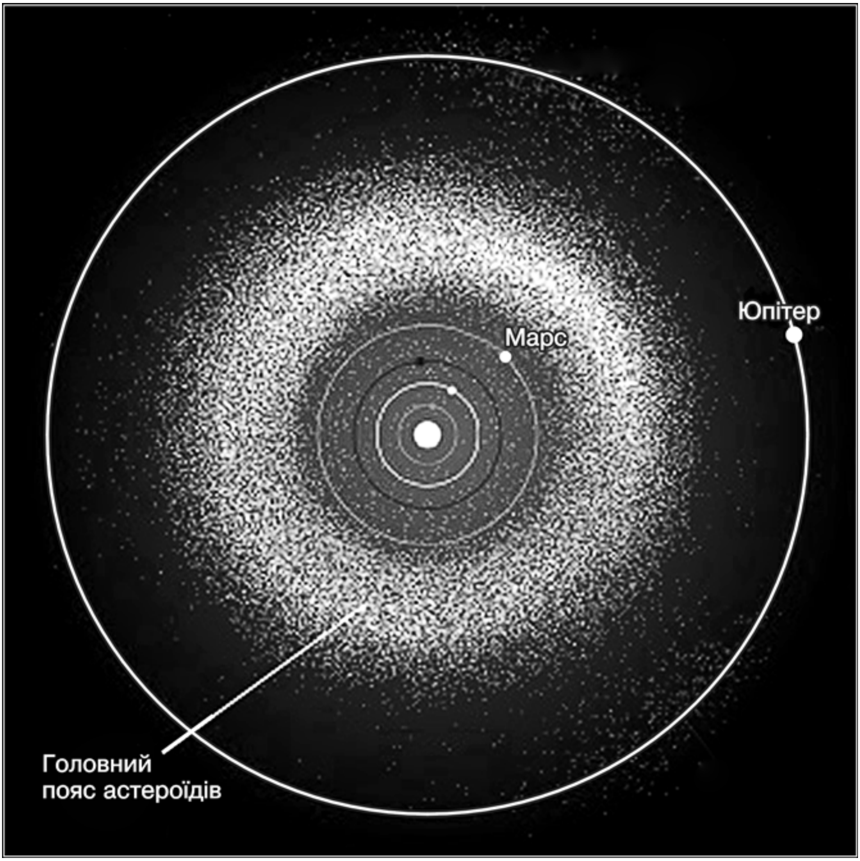
### *Космічні скелі — астероїди*

Протягом нашої подорожі ми кілька разів вживали терміни «внутрішня» та «зовнішня» Сонячна система. Так от, коли ми подорожували між планетами земної групи, нам доводилося перетинати порівняно невеликі відстані, щоб перейти від однієї планети до іншої. Це так звана внутрішня Сонячна система. Від зовнішньої Сонячної системи, де панують значно більші планети, розділені величезними відстанями, її відокремлює область, що розташована між орбітами Марса та Юпітера, — головний пояс астероїдів. Завширшки він сягає понад 150 мільйонів кілометрів.

Астероїди майже недосяжні для спостережень неозброєним оком. Саме завдяки цьому вони залишилися непоміченими навіть



*Астероїди дуже різні за формою та розмірами*




*Більшість астероїдів розташована між орбітами Марса та Юпітера в так званому головному поясі астероїдів*

у перші два століття після винаходу телескопа. Перші астероїди були відкриті трохи більше ніж 200 років тому, коли астрономи почали вивчати надто великий простір між Марсом та Юпітером з надією знайти там досі невідому планету. На відкриття перших десяти астероїдів, усі з яких були досить великими та яскравими, астрономам знадобилося майже 50 років! Тепер із застосуванням сучасних приймачів астрономічних зображень і за допомогою великих телескопів учені щодоби відкривають щонайменше один новий астероїд.

Коли спостерігач відкриває новий астероїд, він сповіщає про це Центральне бюро астрономічних телеграм Міжнародного астрономічного союзу, що базується у Гарвард-Смітсонівському астрофізичному центрі в Кембриджі, США. Терміново ця інформа-

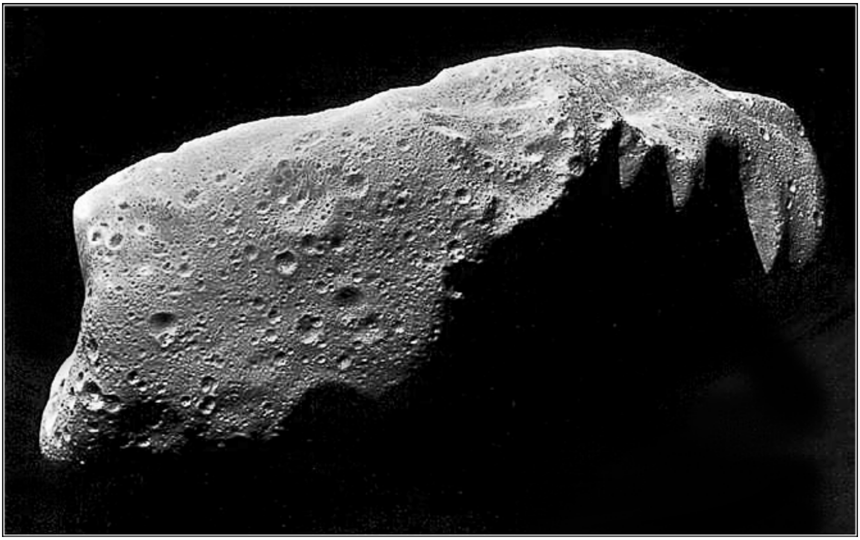
ція розсилається у провідні обсерваторії, що займаються спостереженням астероїдів. Після одержання повідомлення про відкриття астероїд отримує тимчасове умовне позначення, наприклад, 2004 DW. Цифрами позначають рік, а букви відповідають декаді місяця відкриття. Коли для нового об'єкта вже пораховані та перевірені елементи орбіти, йому присвоюють порядковий номер (за порядком перевірки), наприклад, 6465. Після цього, коли відкриття вважається офіційно зареєстрованим, особа, що відкрила астероїд, має право його назвати. Ця назва, однак, повинна бути затверджена Міжнародним астрономічним союзом. Так сталося і з астероїдом 6465, що був відкритий московським аматором астрономії Тимуром Крячком наприкінці 1990-х років. Він назвав його «Звездочет» на честь усіх колишніх, теперішніх та майбутніх аматорів астрономії, і цей астероїд тепер має офіційне позначення (6465) Zvezdochet. Найперші відкриті астероїди мали імена міфічних героїв. Тепер астероїди називають на честь видатних учених, героїв фільмів та мультфільмів, улюблених дружин або собак тощо.

Радіус найбільшого астероїда головного поясу — Церери — сягає 500 кілометрів, що становить майже половину розміру Плутона. Близько двох десятків інших астероїдів достатньо великі, щоб назвати їх середніми супутниками, якщо б вони оберталися навколо планет. Переважна більшість — значно менша за розмірами. Сучасні вчені вважають, що існує близько 100 000 астероїдів більше одного кілометра в поперечнику. Попри їхню велику кількість, астероїди не становлять значної маси в нашій Сонячній системі: якщо ми зберемо їх усіх разом, то вони утворять тіло діаметром близько 2 000 кілометрів — значно менше за будь-яку з планет земної групи.

Положення астероїда та його орбіта можуть надати нам досить багато важливої інформації про його походження тощо. Проте сучасні вчені прагнуть знати про астероїди більше: розміри, маси, склад, форми й т. ін.

Перш за все, однак, треба детально визначити орбіту астероїда. Космічні скелі, як їх часто називають, досить легко піддаються розпізнанню телескопічними методами. Зовні в телескоп їх не відрізнити від зірки. Але вони знаходяться до нас значно ближче та рухаються зоряним небом значно швидше. Отже, якщо ми будемо порівняно довго спостерігати в телескоп один і той самий астероїд, ми помітимо його пересування на тлі «нерухомих» зірок.

Більшість астероїдів навіть для найбільших телескопів сучасності виглядають невеличкими крапками світла на фоні чорної глибини нічного неба. Тож найкращий спосіб детально вивчити певний астероїд — це направити до нього автоматичну станцію.



*Астероїд (243) Іда. Знімок космічного апарата «Галілео»*

Тільки невелика частина астероїдів була досліджена таким способом. І мова тут іде не тільки про астероїди головного поясу, але й про астероїди, що тепер є супутниками планет. Так, під час місій до Марса було детально сфотографовано Фобос і Деймос, юпітеріанські експедиції мали основним завданням дослідження найменших супутників планети-гіганта, що теж колись були самостійними астероїдами. На шляху до Юпітера автоматичний міжпланетний апарат «Галілео» отримав детальні зображення астероїдів Гаспра та Іда (остання була знята разом зі своїм супутником Дактилем).

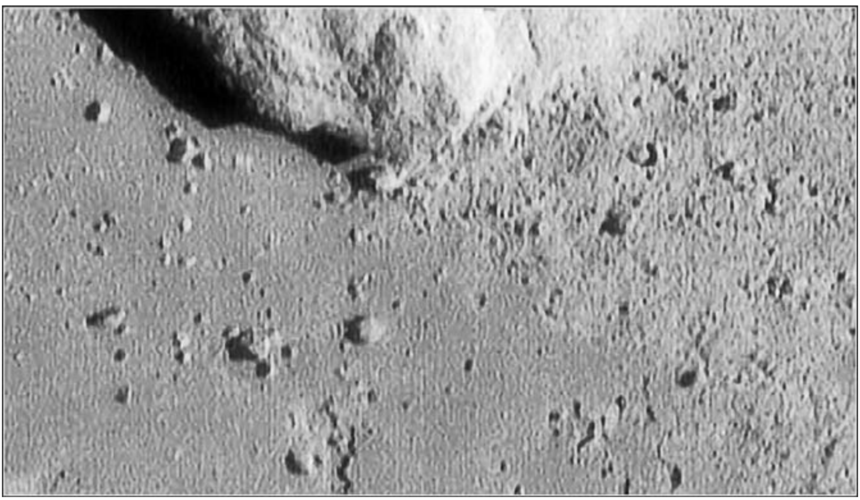
На День всіх закоханих 14 лютого 2000 року сталася визначна подія в історії сучасної астрофізики та кос-

**Найбільшим у Сонячній системі астероїдом є (1) Церера. Її розміри — 970 на 930 кілометрів. Окрім цього, цей астероїд був відкритий першим італійським астрономом Джузеппе Піацці 1 січня 1801 року. Свою назву астероїд отримав на честь римської богині, що пов'язана з Сицилією, де мешкав Піацці. Церера обертається навколо Сонця в головному поясі астероїдів на відстані в 2,7 а. о. від денного світила. Цей астероїд становить майже третину від ваги всіх відомих астероїдів головного поясу. Попри свій найбільший розмір, Церера не є найяскравішим астероїдом — її темна поверхня відбиває лише 9% сонячного проміння. Наступним за розміром після Церери є астероїд (2) Паллада, відкритий у 1802 році. Його діаметр становить 523 кілометри.**

монавтики. Запущений 17 лютого 1996 року апарат NEAR (Near-Earth Asteroid Rendez-vous, зустріч з астероїдом, що зближується з Землею), названий пізніше на честь видатного астронома Юджина Шумейкера (офіційно ця місія називається Shoemaker-NEAR), вийшов на орбіту астероїда (433) Ерос. Протягом своєї подорожі до Ероса апарат отримав досить детальні знімки ще одного астероїда — (253) Матильда. Майже протягом року апарат знаходився на орбіті навколо астероїда Ерос, передавав на Землю детальні зображення його поверхні та проводив дослідження більш складними приладами.

Та найдивовижнішим було, напевне, завершення цієї визначної місії. Апарат, що відпрацював свій ресурс та виконав усі поставлені перед ним завдання, не був пристосований для здійснення посадки. Проте науковці Національної аерокосмічної адміністрації США (NASA) прийняли рішення здійснити спробу посадки апарата Shoemaker-NEAR на поверхню Ероса. Звичайно, апарат був приречений. Але в процесі підльоту до астероїда вченим удалося отримати знімки його поверхні з небаченою до того точністю. Останні знімки, на яких можна розібрати зображення, були зроблені з висоти менше 120 метрів над поверхнею! І вже після посадки апарат ще кілька днів продовжував подавати сигнали земним керівникам.

Отже, всебічні дослідження астероїдів тривають, і це — одна з тих областей астрономічної науки, де аматори відіграють дуже



*Останнє зображення поверхні астероїда (433) Ерос, передане космічним апаратом Shoemaker-NEAR з висоти близько 120 метрів*

важливу роль. Бо вивчення космічних скель, цих уламків від утворення нашої планетної системи, становить не тільки теоретичний інтерес, але й несе суто практичну користь з точки зору міжпланетної навігації, проблеми астероїдно-кометної небезпеки тощо.

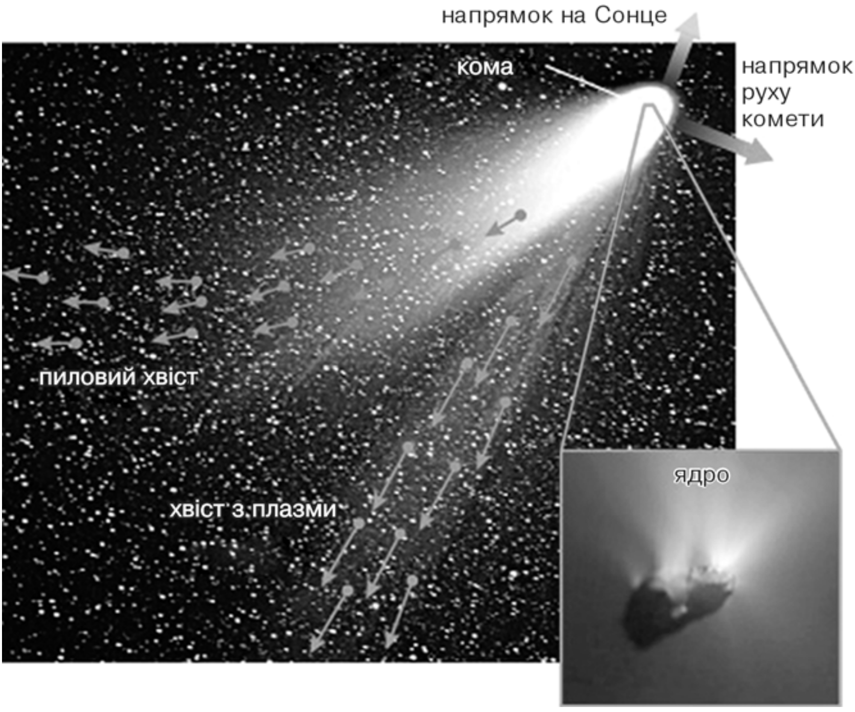
### *Комети*

Серед різноманітних об'єктів, які ми спостерігаємо у Всесвіті, комети, без усякого сумніву, є одними з найвеличніших та найкрасивіших. З прадавніх часів хвостаті мандрівниці вважалися передвісницями негод, катастроф та катаклізмів. Проте тепер ми вже напевне знаємо, що самі по собі комети майже ніякої небезпеки завдати не можуть.

Як і астероїди, з якими ми познайомились у попередньому сюжеті, комети відносять до малих тіл Сонячної системи. Але якщо астероїд складається з каменю та металів, то комету можна скоріше назвати брудним сніжком. Саме так, бо ядра комет здебільшого складаються з льоду — твердих часток води, вуглекислоти та інших газів і пилу. Коли комета наближається до Сонця, її поверхня розігрівається, і леткі речовини, що складають її ядро, починають випаровуватись. Так у комети народжується кома — газова оболонка, що оточує тверде ядро, і хвіст. Завдяки цьому комети й уявляються такими величними: кілометрове ядро може породити газопиловий хвіст, що простягнеться на багато тисяч та навіть мільйонів кілометрів!

Вважається, що десь на окраїнах нашої Сонячної системи, далеко від планетної системи, на відстані близько одного світлового року від Сонця, розташована так звана хмара Оорта. Це — колосальний резервуар комет, де вони обертаються навколо Сонця майже круговими орбітами і не обтяжують планетарну Сонячну систему своєю присутністю. Учені вважають, що у хмарі Оорта нараховується більше трильйона комет (уявіть собі це величезне число — одиниця із дванадцятьма нулями!). Аж раптом якісь ударні процеси або гравітаційний вплив великих планет виводить одну з комет із рівноваги і вона помітно змінює свою орбіту. Її шлях у просторі стає дуже сильно витягнутим, і вона стрімко наближається до Сонця. Деякі комети у перигелії (точці їхнього щільнішого наближення до нашої денної зірки) підходять до Сонця навіть ближче за Меркурій. Нерідко трапляється, що комета пролітає повз нашу Сонячну систему відкритою параболічною орбітою й прямує далі у міжзоряний простір. Так комета потрапляє до планетарної Сонячної системи та стає тим об'єктом, який ми можемо спостерігати в телескопи, а іноді й неозброєним оком.

Коли астроном відкриває комету, він, як і у випадку відкриття астероїда, повинен сповістити про це світову наукову спільноту через Центральне бюро астрономічних телеграм. Нове відкриття повинно бути підтверджене. Після того, як знахідка не викликає сумнівів, кометі надається умовне позначення, наприклад C/2004 F4. Першою літерою закодований тип орбіти, далі йде рік відкриття, а потім іде буква, що відповідає періоду місяця відкриття (літера F означає, що комету відкрито у другій половині березня). Остання цифра визначає порядковий номер відкриття комети в цьому періоді. Тобто наведений нами приклад відповідає кометі, що має параболічну орбіту та була відкрита четвертою в другій половині березня 2004 року. Майже одночасно комета отримує назву за прізвищем (прізвищами) того (тих), хто її відкрив (зазвичай не більше трьох прізвищ). Називати комети навмання заборонено правилами Міжнародного астрономічного союзу. Так, згадана нами комета, що була відкрита Вільямом Бредфілдом, отримала повну назву C/2004 F4 (Bradfield).




*Будова типової комети*



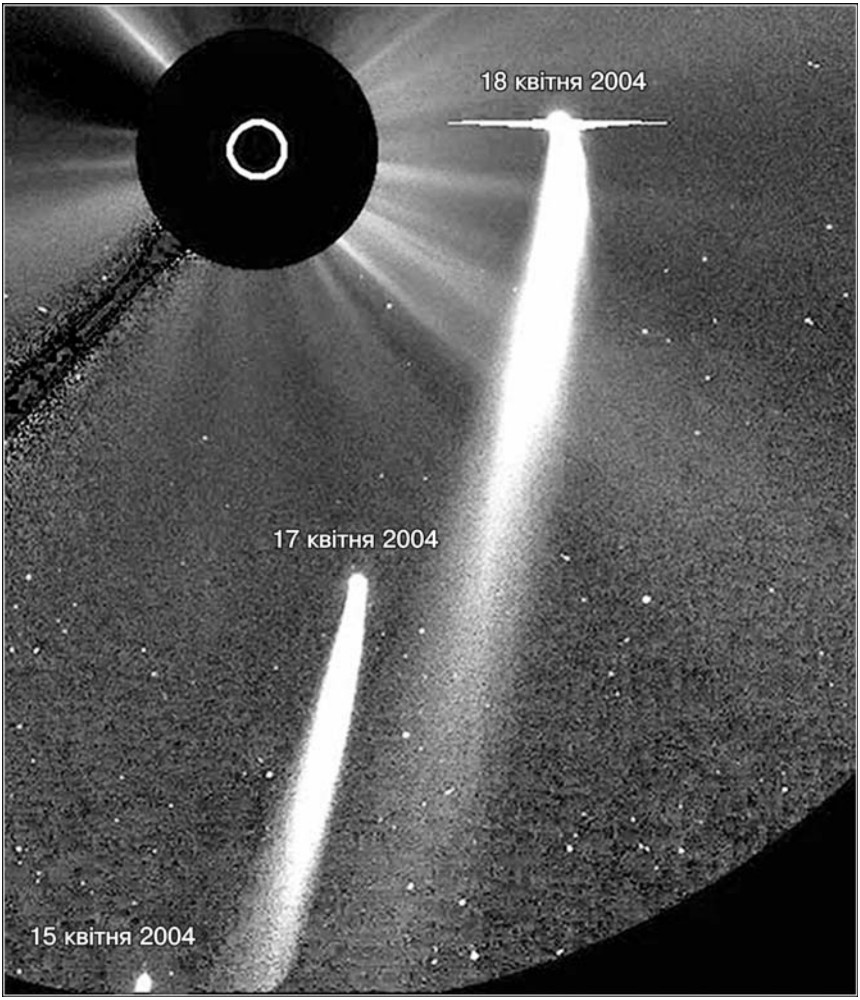
*Комета C/2004 F4 (Bradfield). Фото: Майкл Ягер та Джеральд Реманн*

Найвидатнішою кометою всіх часів можна назвати відому комету Галлея, що за сучасними стандартами має позначення 1P/Halley. Вона названа на честь видатного англійського вченого Едмунда Галлея (1656—1742). Проте Галлей не відкривав цієї комети, а лише довів за допомогою законів небесної механіки, що комета, яку спостерігали у 1682 році, була тією ж самою, що її знали за кількома попередніми поверненнями з періодом близько 76 років.

За теперішніх часів комети замість «вершниць Армагеддону» стали супутниками долі багатьох аматорів астрономії, а також груп учених, які цілеспрямовано займаються їх пошуком і відкриттям. Рік у рік ці активні і в деякій мірі азартні представники астрономічної спільноти кожної ночі сканують небо за допомогою своїх телескопів. І кожного року вони відкривають понад сотню нових комет та вже відомих, що просто повертаються до Сонця. Прізвища спостерігачів, які сповістять Міжнародний астрономічний союз про відкриття, і дадуть назву нововідкритому члену нашої Сонячної системи. І якщо ще кілька десятиліть тому абсолютний пріоритет у відкритті нових комет належав саме аматорам, то сьогодні це прерогатива професіоналів, а точніше — роботів-телескопів, які займаються автоматичним пошуком об'єктів зоряного неба, що

***Вільям Бредфілд (нар. 1924).***
**Відомий австралійський мисливець за кометами, у минулому — спеціаліст з реактивних двигунів для ракет. За своє життя відкрив 18 комет, останню з яких — зовсім нещодавно, 23—24 березня 2004 року. У середині травня цю комету можна було спостерігати навіть неозброєним оком. Усі комети, відкриті Бредфілдом, носять виключно його ім'я, тобто всі свої відкриття він робив самостійно та незалежно від інших спостерігачів.**

швидко рухаються. Два найпотужніші автоматичні телескопи — це LINEAR (Lincoln Near-Earth Asteroid Research — Лабораторія з дослідження навколоземних астероїдів імені Лінкольна) та NEAT (Near-Earth Asteroid Team — Група з дослідження навколоземних астероїдів). Треба зазначити, що основним напрямком діяльності цих телескопів є пошук навколоземних астероїдів, що можуть становити небезпеку для нашої планети. А відкриття великої кількості комет є своєрідним побічним продуктом. Рекордсменом у відкритті комет, що дуже близько підходять до Сонця, стала автома-



*Комета C/2004 F4 (Bradfield) зближається із Сонцем. Фото: SOHO, NASA*

**До найяскравіших комет XX століття належать так звана Велика комета денного світла (1910 рік), комета Галлея (під час її повернення у тому ж 1910 році), комети Шелерупа-Маристані (1927 рік), Ікейя-Секі (1969 рік), Беннетта (1970 рік), Веста (1976 рік), Хіакутаке (1996 рік), Хейла-Боппа (1997 рік). Найяскравішими кометами XIX століття, ймовірно, були Великі комети 1811, 1861 та 1882 років. Раніше дуже яскраві комети спостерігалися в 1402, 1471, 1577 та 1743 роках. Найближче до нас підходила комета Галлея у 837 році. Під час цього повернення вона була найяскравішою.**

тична станція SOHO (Solar and Heliospheric Observatory — Сонячна та геліосферична обсерваторія NASA).

Проте для багатьох із нас яскраві комети все ж залишаються просто гарним приводом підняти погляд догори і ще раз замислитися над величчю та довершеністю природи, що здатна створювати такі красиві та захоплюючі видовища!

## Плутон: планета чи великий астероїд?

Десяту планету Сонячної системи Плутон варто розглянути окремо, бо на фоні сучасних суперечок про його статус існує питання: чи він дійсно є планетою, чи, може, це просто дуже великий астероїд?

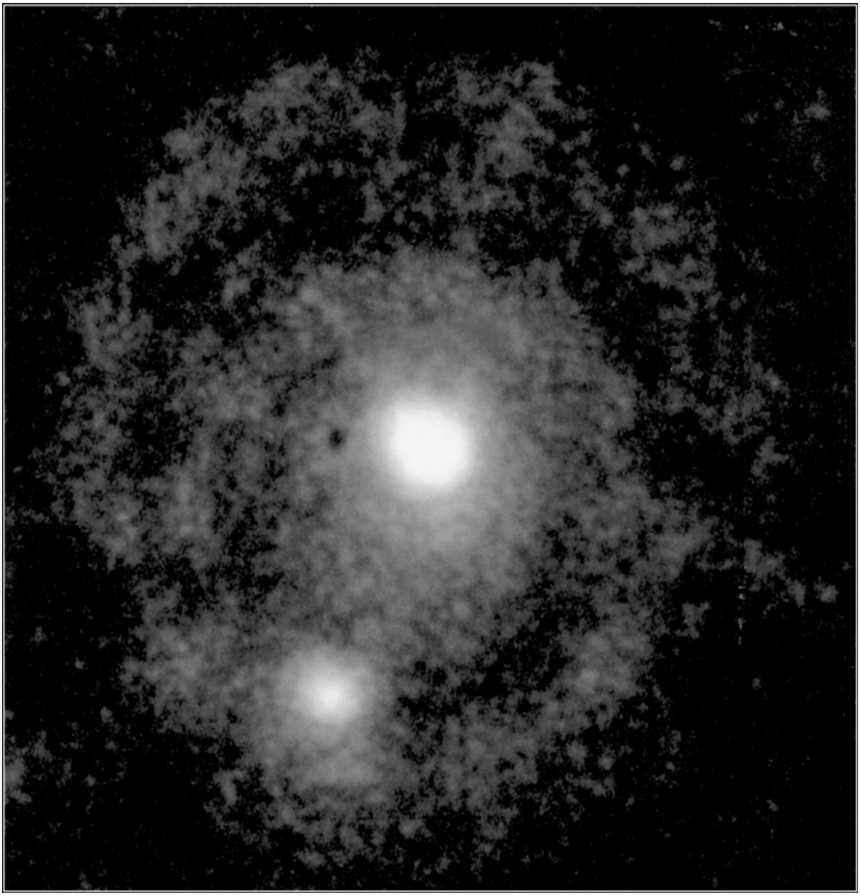
Один тільки погляд на Плутон може фактично підтвердити сумніви деяких учених, про яких ми згадали трохи вище. Дійсно, він не такий великий, як газові гіганти, і зовсім не має колосальної газуватої атмосфери. Але ж його не можна віднести і до планет земної групи, бо він значно менший за них та майже не має скелястих порід. Плутон є найменшою великою планетою Сонячної системи та складається переважно з льоду.

Насправді розповсюджене твердження про те, що Плутон міг би бути просто великим астероїдом, криє у собі маленьку невизначеність. За сучасними уявленнями, пояс Койпера, що знаходиться за орбітою Нептуна, населяють переважно комети. Проте структура цих об'єктів напевне невідома, і цілком ймовірно припустити, що серед них зустрічаються і досить типові астероїди.

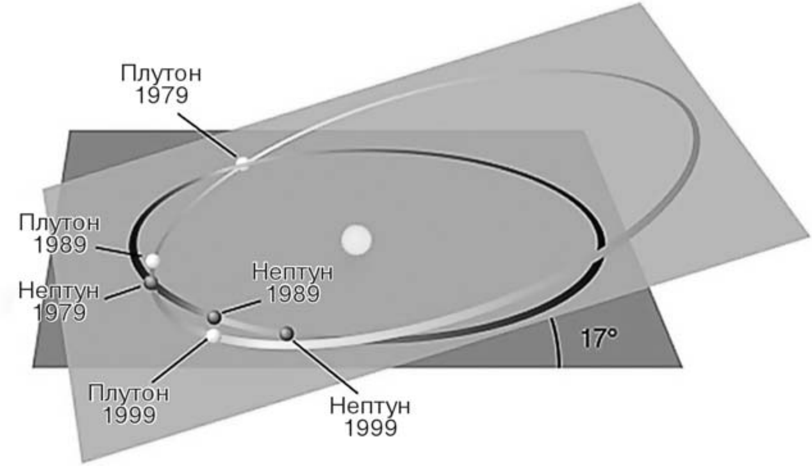
Тож, не маючи майже нічого спільного з великими планетами Сонячної системи, Плутон має досить багато спільних рис із... кометами! Зрештою, так вважається сьогодні. Протягом останніх десяти років ученими було відкрито багато кометоподібних, проте дуже великих за розмірами об'єктів, що могли би бути порівнювані з Плутоном. Найбільші з них — у 2001 (Іксіон, діаметр близько 1 100 кілометрів) та 2002 (Кваоар, діаметр близько 1 300 кілометрів) роках. Аж раптом 17 лютого 2004 року американські астроно-

ми сповістили світову наукову спільноту про відкриття ще одного великого об'єкта поясу Койпера. Він отримав позначення 2004 DW (назву поки що цій малій планеті не дали). Об'єкт має в діаметрі понад 1 400 кілометрів, проте ці дані попередні, адже діаметри таких віддалених об'єктів вимірюються непрямими методами за їхнім блиском. Так, прорахований діаметр знаходиться у прямій залежності від правильності уявлень про альбедо об'єкта, тобто його спроможності відбивати сонячне світло.

Орбіта Плутона значно витягнута та нахилена до площини обертання інших планет. Таким чином, бувають періоди, коли протягом свого 284-річного обертання навколо Сонця Плутон підходить до нашої денної зірки ближче за Нептун та стає на 20 років дев'ятою планетою Сонячної системи, тоді як Нептуну дістається



*Плутон. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*




*Орбіти Нептуна та Плутона перетинаються у просторі. Через це планети іноді міняються місцями за віддаленістю від Сонця*

десята сходинка у планетному табелі про ранги Сонячної системи. Востаннє така зміна сталася зовсім недавно — у 1999 році. Наступного разу Плутон стане дев'ятою планетою Сонячної системи лише у 2263 році!

Щодо суперечок про статус Плутона, то більшість астрономів залишаються прихильниками традиційного підходу і вважають Плутон планетою, як вважали і після його відкриття Клайдом Томбо у 1930 році. До речі, історії відкриття Плутона та Нептуна досить схожі.

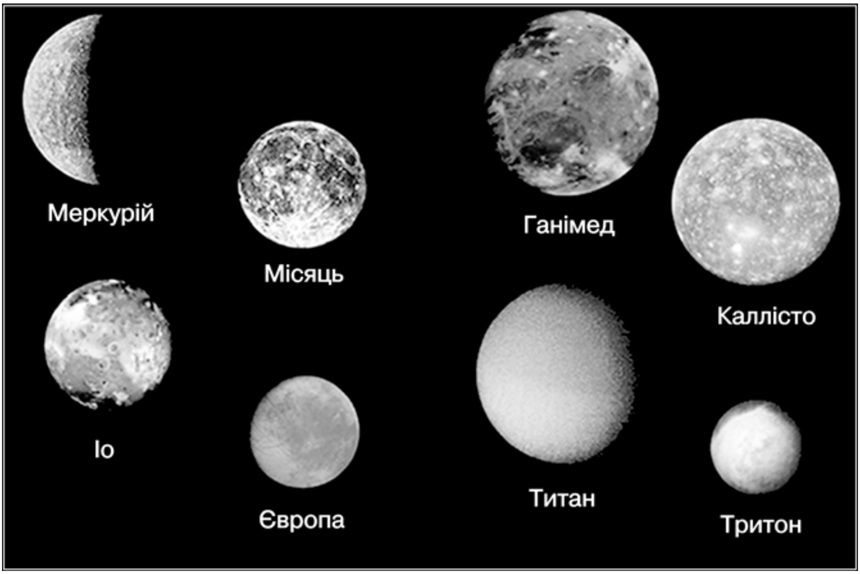
## Супутники планет

Понад 90 супутників знаходяться на орбітах навколо великих планет Сонячної системи. Деякі з них утворилися разом із центральними планетами та від самого початку є їхніми супутниками. Деякі, особливо маленькі супутники планет-гігантів, вважаються колишніми астероїдами, що були захоплені гравітаційним полем планети та виведені на навколопланетні орбіти.

Перші дві планети — Меркурій та Венера — не мають природних супутників. Третя планета Сонячної системи — наша рідна Земля — має один природний супутник: Місяць. Проте деякий час існували суперечки про можливе існування другого, досі не відкритого природного супутника Землі, що обертається навколо неї дуже витягнутою орбітою та рідко підходить досить близько, щоб його можна було спостерігати. Дослідження Місяця почалося

**У Сонячній системі найбільшим супутником планети є Ганімед — супутник Юпітера, один із галілеєвих супутників. Його діаметр дорівнює 5 262 кілометрам. Другим за розмірами є Титан — супутник Сатурна, що має у діаметрі 5 150 кілометрів. Деякий час вважали навіть, що Титан більший за Ганімед. Третє місце в цьому рейтингу посідає Каллісто — ще один із галілеєвих супутників Юпітера. Як Ганімед, так і Каллісто більші за планету Меркурій, що має у діаметрі 4 878 кілометрів. Проте таким своїм статусом вони напевне зобов'язані товстій льодяній мантії, що вкриває їхні поверхні. Тверді ядра Ганімеда та Каллісто, як вважається, близькі за розмірами до двох внутрішніх галілеєвих супутників Юпітера — Іо (діаметр 3 630 кілометрів) та Європи (3 138 кілометрів).**

практично відразу, коли був винайдений телескоп. Кратериста поверхня привертала і привертає увагу як учених, так і аматорів астрономії. Досить детальні дослідження місячної поверхні було проведено спочатку за допомогою автоматичних станцій, а потім під час серії місій «Аполлон», до яких входила і висадка людей на поверхню нашого природного супутника. Живий інтерес викликав та викликає Місяць з точки зору пошуку слідів присутності позапланетних форм життя на його поверхні, а також через численні незвичайні події, такі як спалахи, зміни кольорів різних деталей поверхні тощо (так звані коротко-

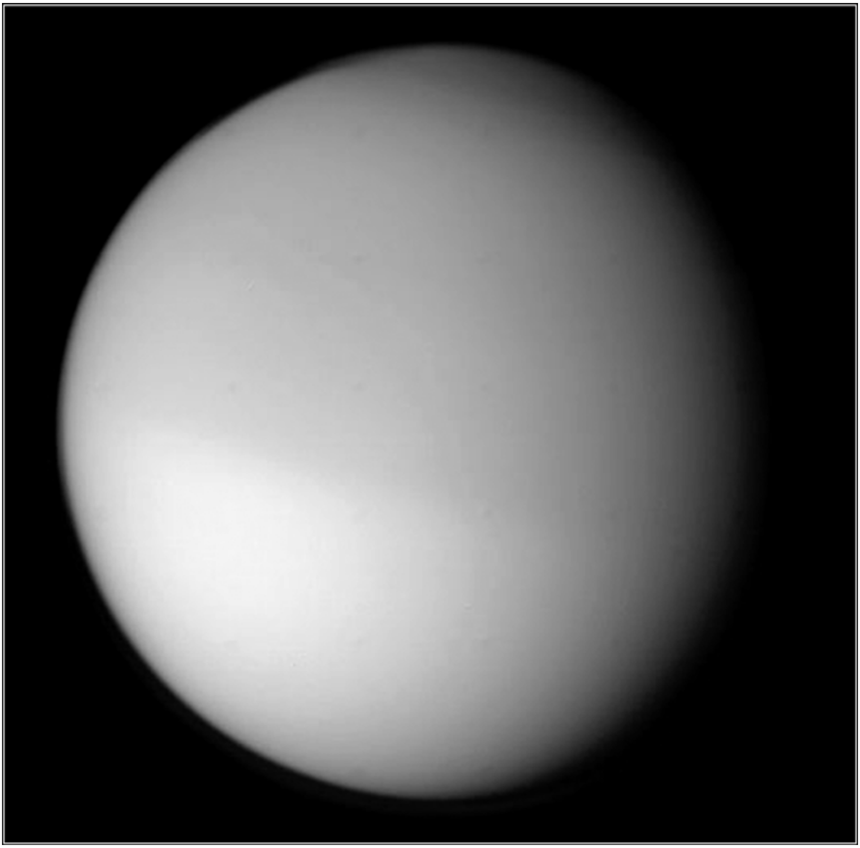



*Найбільші супутники планет Сонячної системи у порівнянні з Меркурієм*

**Найменшим супутником планети Сонячної системи є Деймос — супутник Марса. Вважається, що це «не рідний» супутник, а закручений із навколомарсіанського простору астероїд. Деймос має форму еліпсоїда з розмірами 15х12х11 кілометрів. Його ймовірний суперник — супутник Юпітера Леда, діаметр якої оцінюють у 10 кілометрів.**

тривалі місячні події). Деякі з цих феноменів тепер отримали надійні наукові пояснення.

Наступна — і остання — планета земної групи Марс має два маленькі природні супутники Фобос і Деймос (що перекладається, як «страх» та «жах»). Вважається, що вони колись були астероїдами і не є «рідними» супутниками Червоної планети.



*Супутник Сатурна Титан, укритий щільною атмосферою. Фото: Келвін Гамільтон*

Юпітер, найбільша планета Сонячної системи, має найбільшу кількість природних супутників. Проте живий інтерес можуть викликати перш за все представники галілеєвих супутників. Найцікавішим «місяцем» Юпітера, напевне, є Європа. За даними досліджень, що включали в себе вимірювання магнітного поля Європи, вчені зробили висновок, що під товстим панциром з льоду криється океан з рідкої води величезних розмірів. Таким чином, Європа стає одним із найвірогідніших кандидатів для пошуку позаземних форм життя в межах Сонячної системи. Ще один супутник Юпітера Іо відомий своєю вулканічною активністю.

Найцікавішим супутником Сатурна є, безперечно, Титан. Розмірами він переважає Меркурій. Цікавою деталлю є те, що поверхня Титана вкрита дуже щільною атмосферою, тиск якої майже такий, як і атмосферний тиск на Землі; також там дуже подібний до земного вміст атмосферного азоту. Наприкінці червня 2004 року до Сатурна наблизився автоматичний міжпланетний апарат «Кассіні», що скине на поверхню Титана дослідницький зонд «Гюйгенс».

Уран та Нептун, як і попередні газові гіганти, багато своїх супутників «позичили» серед астероїдів, що необачно опинилися надто близько — у зоні дії їхнього потужного гравітаційного поля. Звичайно, в кожного з них є свої цікаві риси, проте виняткових особливостей, гідних згадки в нашому стислому огляді, стосовно них не досліджено.

Нарешті, остання планета Сонячної системи Плутон має єдиний природний супутник Харон. Він не набагато менший, власне, за саму планету, і питання про їхнє походження досі залишається невирішеним. Ані поверхню Харона, ані поверхню самого Плутона земними телескопами, та навіть за допомогою орбітального телескопа імені Хаббла, детально вивчити поки що не вдалося.

## Земля — планета, що створена для життя

Подивіться уважно на фото на с. 84. Білі хмари застилають величезний океан, що займає більшу частину поверхні. Ми бачимо планету, не схожу на жодну іншу планету Сонячної системи. Це — наша рідна планета Земля.

Земля, звичайно, має багато спільних рис із іншими планетами земної групи. Наприклад, рельєф нашої планети також формувався під дією чотирьох головних чинників: ударів метеоритів з утворенням кратерів, вулканічної діяльності, тектонічної активності (пересування земної кори тощо) та ерозії під дією води та вітру.

Проте принципові відмінності, які має Земля порівняно з іншими планетами земної групи, зумовили дещо інший хід її еволю-



*Земля з борту космічного апарата «Галілео».*
*Фото: Поль Гейсслер/LPL/Аризонський університет*

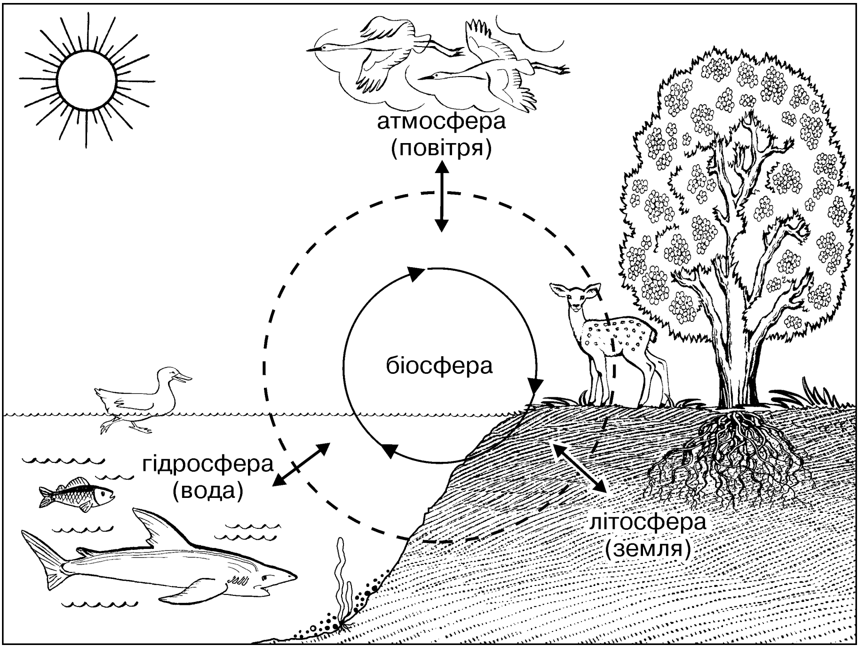
ції. Так, атмосфера Землі являє собою унікальне утворення: Земля є єдиною планетою зі значним вмістом кисню. Завдяки цьому не тільки підтримується дихання живих організмів (і життя в цілому), але і створюються захисні умови для поглинання жорсткого сонячного випромінювання у верхніх прошарках земної атмосфери (те, що ми називаємо «озоновий шар»).

Але найбільша різниця між Землею та іншими планетами земної групи полягає у присутності на Землі двох чинників, абсолютно унікальних. По-перше, поверхня Землі вкрита величезною кількістю рідкої та твердої води. Океани займають близько трьох четвертих усієї земної поверхні з середньою глибиною близько трьох кілометрів. Дуже важливе значення має також вода на континентальній поверхні, де вона тече в річках та на підземних горизонтах, наповнює озера та льодовики. Вода відіграє настільки важливу роль в існуванні Землі як цілого в сучасному її вигляді, що багато вчених виділяють її як окремий прошарок, який називають гідросферою. Він знаходиться між літосферою та атмосферою.

Другою абсолютною відмінністю Землі від усіх інших планет є наявність та різноманітність життя, яке можна знайти майже всюди на Землі, причому іноді — у найнеймовірніших місцях. Навіть термальні джерела, де температура води недалека від температури кипіння, і підземелля та глибинні води океанів не обділені присутністю живих організмів. Цей прошарок життя іноді називають біосферою. Присутність біосфери також суттєво вплинула на сучасний вигляд Землі та на багато її фізичних характеристик. Так, саме наявність життя пояснює таку значну кількість кисню в атмосфері Землі. Якщо б наша планета була пустельною, її атмосфера значно відрізнялася б від теперішньої.

Венера, Земля та Марс з самого початку були в майже однакових умовах. Проте тільки на нашій планеті було все необхідне для того, щоб утримати рідкий океан на своїй поверхні. Саме океани допомогли звільнити атмосферу від надлишків вуглекислого газу, залишивши певною мірою парниковий ефект на тому рівні, щоб зберегти нашу планету гостинною для життя. Проте фізичний взаємозв’язок між земною геологією та атмосферою не може повністю пояснити сучасні умови на Землі. Так, наявність кисню та озонового шару ми можемо пояснити тільки діяльністю живих організмів. Отже, для пояснення унікальності Землі серед планет Сонячної системи ми повинні враховувати і вплив життя на її еволюцію.

Існує також думка, що життя все ж таки могло в певній мірі розвинутися на поверхні Марса, якби можна було б утримати необхідні для цього умови. Деякі вчені взагалі схильні називати Марс




*Гідросфера, атмосфера та літосфера Землі знаходяться в безпосередній взаємодії. Завдяки цьому на нашій планеті існує біосфера — сфера життя*

планетою минулого життя, Землю — планетою теперішнього життя, а Венеру — планетою майбутнього життя.

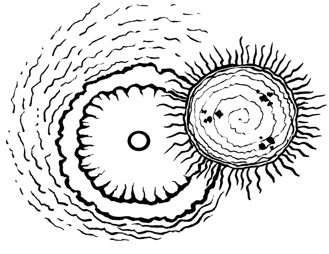
Порівняльний аналіз формування та будови різних планет приводить нас до необхідності найдетальнішого вивчення процесу формування та еволюції нашої планети. Отже, якщо ми дійдемо висновку, що від свого початку Земля «порушила» закони, які ми виведемо із загального аналізу розвитку планет, якщо Земля є винятком, — то виявиться, що життя властиве тільки нашій планеті. Якщо ж Земля у своєму розвитку «дотримувалась» усіх правил і не вирізнялася з-поміж інших планет, можливо, це буде свідчити про те, що життя у Всесвіті — не така вже і рідкість.

# IV

# ЗІРКИ



*Погляд на зірки завжди викликає в мене наївні думки, так само як і темні крапки на географічній мапі. Чому ці краплинки світла на небі, питаю я, не такі досяжні, як міста на мапі Франції!*
В. ван Гог



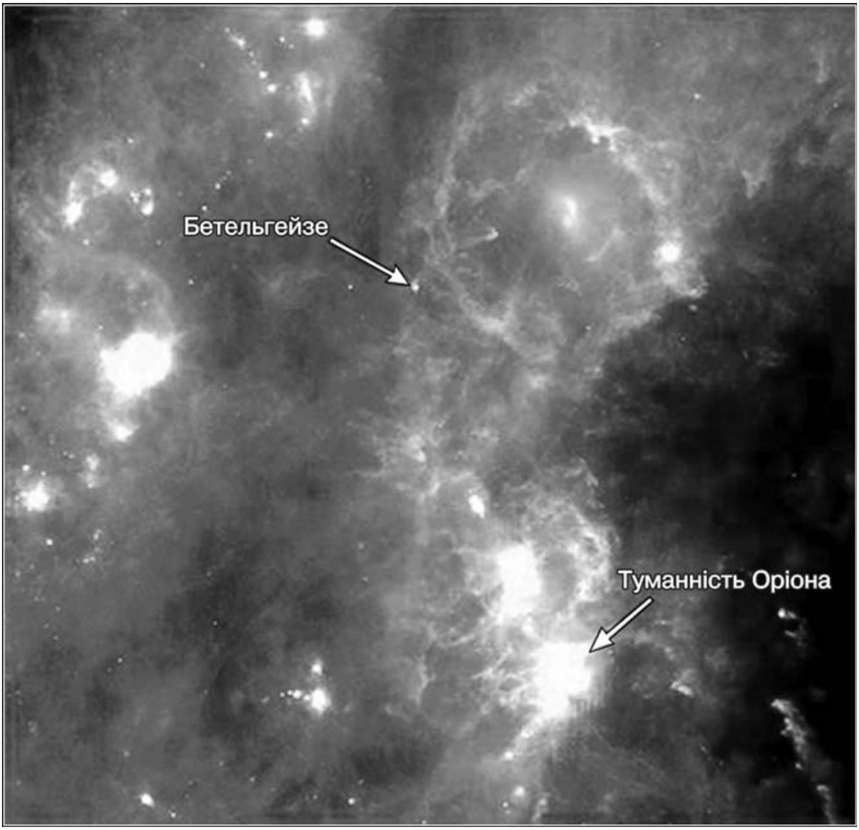
Уявіть собі, що до Сонячної системи завітав... корабель прибульців! І вони мають важливу, але дуже коротку місію: у них є 1 хвилина на те, щоб дізнатися якомога більше про людську цивілізацію. За 60 секунд вони б не уяснили майже нічого з життя однієї окремо взятої людини, але змогли б зробити ніби відбиток нашої сучасності. У них би склалося лише загальне враження, і знадобився б серйозний аналіз для розуміння життя людей різного віку та роду занять.

З подібною проблемою ми стикаємося, коли досліджуємо зірки. Ті століття, що минають у нашому житті, за період існування середньої зірки можна порівняти хіба що з хвилиною, відведеною прибульцям на вивчення людської цивілізації. І ключем до пізнання зоряної індивідуальності може бути тільки повне розуміння та раціональна класифікація. Тож почнемо!

## Народження, життя та смерть: зоряна алхімія

Коли ви познайомитеся з новою людиною, ви, напевне, запитаєте про її день народження, життя, інтереси. Якщо ви вже трохи знайомі з зоряним небом (хоча би просто дивитеся на нього час від часу), то у вас, мабуть, уже з'явилася якась улюблена зірка, чи не так? Давайте простежимо її життя — від народження дотепер, а також зазирнемо трохи в майбутнє: що з нею станеться, коли на неї будуть дивитися вже ваші далекі нащадки!

Життя зірки розпочинається у міжзоряній хмарі. Зазвичай хмари, що стають місцем народження зірок, мають досить низькі температури — близько 10—30 K (градусів Кельвіна). Пригадайте, що нуль градусів за шкалою Кельвіна відповідає абсолютному нулю температури (-273,15°C), а на Землі температури знаходяться в області приблизно 300 K. Описані нами хмари часто називають молекулярними хмарами, бо вони достатньо холодні, щоб дозволити Гідрогену знаходитися в молекулярному стані та у вигляді двохатомних молекул водню $H_2$. Важливо відзначити, що в моле-




*Хмара водню в сузір'ї Оріона — одна з найпотужніших зон зореутворення. Знімок в інфрачервоних променях*

кулярних хмарах реалізуються такі умови, щоб гравітаційне стискання розпочало розігрів та змогло протистояти тепловому розширенню. Саме так і дається «старт» для народження нової зірки.

З того часу, як молекулярна хмара починає колапсувати (дуже швидко стискатися), відбувається низка процесів, що насамкінець призводить до народження повноцінної зірки. Спочатку хмара починає нагріватися, що супроводжується активним випромінюванням енергії в інфрачервоному діапазоні. Особливо масивні та яскраві хмари водню, розташовані в сузір'ї Оріона, які світяться в інфрачервоній області спектра.

Із зростанням густини хмари випромінюванню стає все важче і важче покинути її межі. Густина центральних регіонів хмари стає дедалі вищою. Оскільки світло та (особливо!) тепло вже не можуть швидко та повністю покинути хмару, її температура та тиск усере-

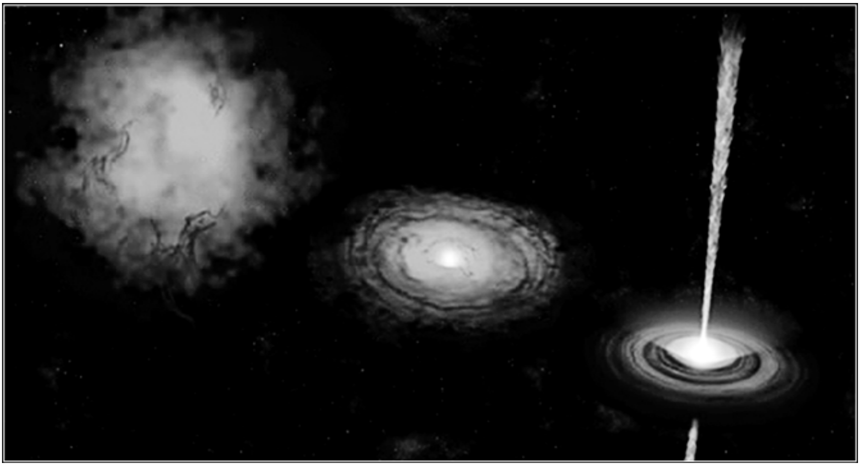
дині дуже швидко та драматично зростають. Коли тиск випромінювання починає протистояти гравітаційному стисканню, то згусток молекулярної хмари стає протозіркою.

Протозірка піддається дедалі сильнішому гравітаційному тиску, а протистояти йому продовжує тиск випромінювання, що народжується в її надрах. З цих причин протозірка дуже швидко та сильно розігрівається. Повноцінною зіркою, за сучасними уявленнями, вона стане лише тоді, коли температура в її надрах підніметься до 10 мільйонів кельвінів.

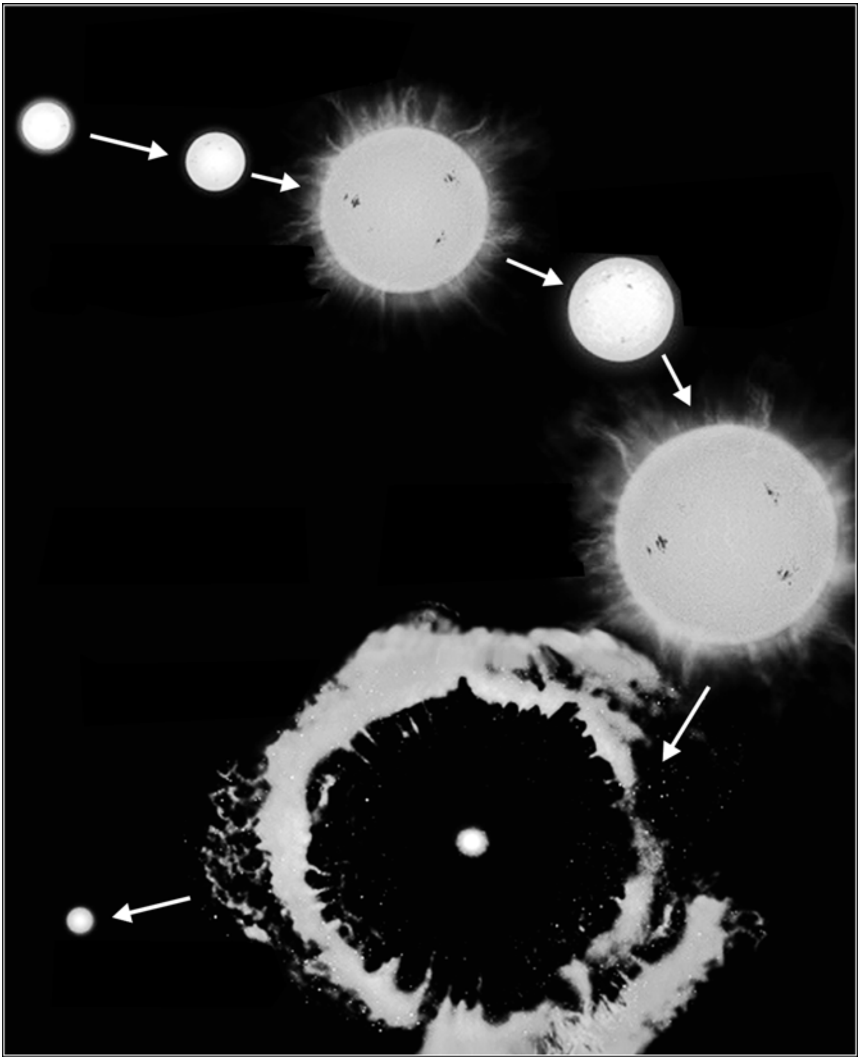
При температурі 10 000 000 К та вище стає можливим процес, завдяки якому зірка зможе існувати протягом багатьох сотень мільйонів років. Цей процес — термоядерні реакції. На момент початку реакцій у надрах зірки сама вона приходить до стану так званої гравітаційної рівноваги — коли гравітаційне стискання ззовні повністю компенсується тиском випромінювання зсередини.

Ядерні процеси, що протікають у надрах зірок — це причина того, що існують відомі нам елементи періодичної системи Менделєєва. Всі вони, за сучасними уявленнями, народилися в надрах зірок або під час космічних катастроф — вибухів Нових та Наднових зірок. Лише трансуранові елементи в природі не зустрічаються, люди отримали їх штучно в потужних прискорювачах.

Коли зірка народилася та досягла стану гравітаційної рівноваги, починається основний та найдовший етап її життя. Протягом цього етапу зірка залишається відносно стабільною та поступово спалює свій запас Гідрогену, перетворюючи його на Гелій. Час, який зірка живе в такий спосіб, залежить від її маси. Чим масив-



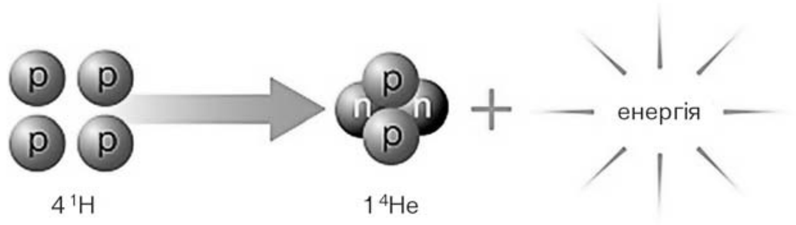
*Утворення зірки з молекулярної хмари*



*Життєвий цикл зірки з масою, що дорівнює одній масі Сонця*

нішою є зірка, тим скоріше вона витрачає свій запас ядерного палива. Для маломасивних або середніх зірок, таких як наше Сонце, час безтурботного життя може вимірюватися мільярдами років. Тоді як гіганти, як, наприклад, Вега з сузір'я Ліри, проживуть не більше кількох сотень мільйонів років.

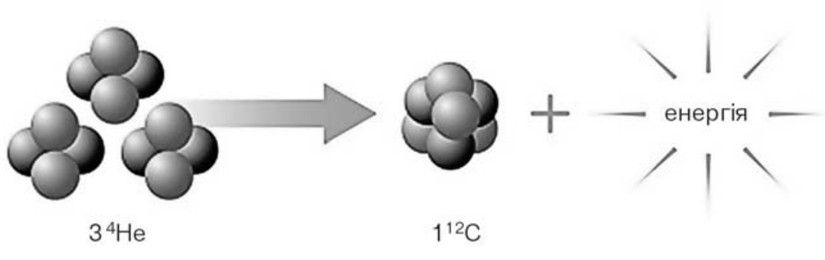
Коли в зірки середньої маси закінчується Гідроген, ядерні реакції в її надрах стають неможливими. Тобто більше немає тиску випромінювання, щоби скомпенсувати гравітаційне стис-




*Утворення з чотирьох атомів Гідрогена одного атому Гелія супроводжується виділенням великої кількості енергії*

кання. І зірка починає поступово зменшуватись у розмірах. Як не дивно, але в той час, коли ядро зірки стискається, її верхні шари, навпаки, починають розширятися. Спочатку зірка стає субгігантом. Її розміри та світність продовжують зростати, а температура дещо знижується. Зірка поступово перетворюється на червоного гіганта. Цей процес для зірок з масою, близькою до маси Сонця, може зайняти близько мільярда років. За цей час зірка зростає в розмірах у 100 та більше разів, її блиск стає помітнішим.

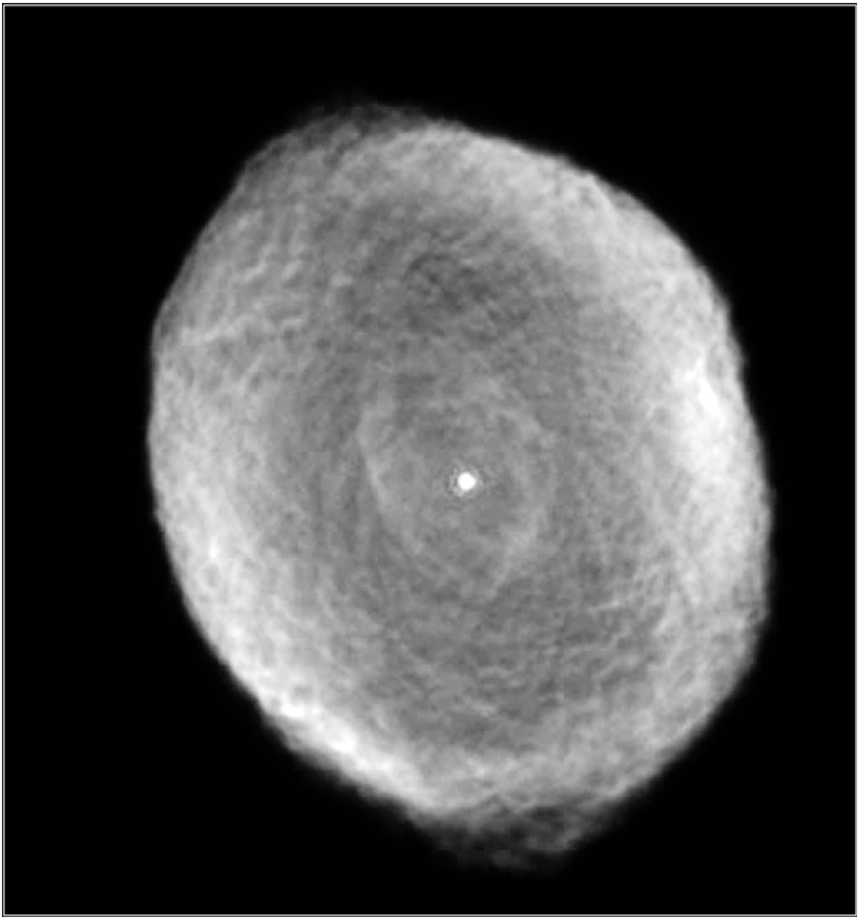
Друга спроба встановити рівновагу настає тоді, коли ядро зірки стискається дуже сильно. Температура в надрах підіймається ще вище, ніж була на початку, і стає можливою ще одна ядерна реакція: розпочинає горіти Гелій. З трьох ядер Гелію утворюється ядро Карбону та вивільняється велика кількість енергії. Коли Карбону стає досить багато, деякі зірки ніби викидають його частину в навколишній простір. Цей процес подібний до того, як у полум'ї вогнища утворюються частинки диму. Проте ці викиди мають дуже



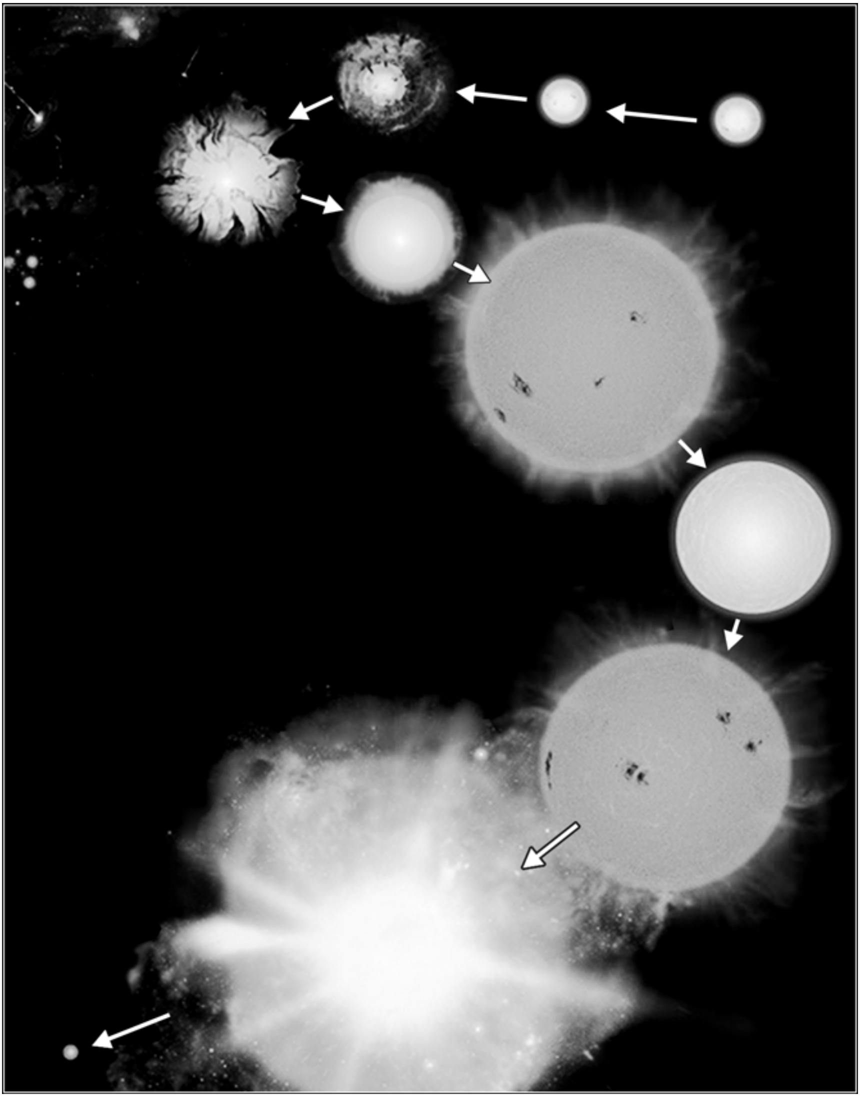

*З трьох атомів Гелія утворюється атом Карбона. При цьому теж виділяється велика кількість енергії*

велике, можна сказати, визначальне значення для виникнення життя. Більшість Карбону, що складає ваше тіло (як і тіла всіх живих істот на Землі), було свого часу викинуто у простір Всесвіту такими зірками.

Коли енергії, що вивільняється за рахунок ядерних реакцій, стає все ж недостатньо, зірка розпочинає охолоджуватися та зменшуватися в розмірах. Так згасає життя зірки. Але перед тим, як стати білим карликом, зірка дарує нам свій останній феєричний сплеск: вона ніби скидає з себе верхні шари, і вони прямують у космос. Так біля зірок формуються так звані планетарні туманності — дуже красиві об'єкти для спостереження.



*Наприкінці життя маломасивні зірки утворюють планетарні туманності. Туманність IC 418. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*



*Життєвий цикл зірки з масою, що дорівнює двадцятьом масам Сонця*

Масивніші зірки поводяться дещо по-іншому. Якщо для маленьких зірок своєрідним життєвим гаслом могло б бути «повільність та стабільність», то для масивних — скоріше «яскравість та імпульсивність». Так, вони мають можливість продовження ядерних процесів, не зупиняючись на Карбоні. У масивних зірках реалізується так званий «CNO-цикл», тобто йде синтез Карбону, а потім Нітрогену та навіть Оксигену. Зірки з масами, більшими

**У міжзоряному просторі, де немає життя, знайдено, проте, молекули більш ніж 60 хімічних речовин, а найбільше — водню. За своєю розповсюдженістю Гідроген набагато випереджає сумарний вміст усіх інших хімічних елементів. Якщо взяти вміст Гідрогену за одиницю, то вміст Гелію складе 0,09, Оксигену — 0,0007, Карбону — 0,0003, а Нітрогену — 0,00009.**

у 8—10 разів за масу Сонця, можуть також реалізувати перетворення Оксигену на Неон, Магній, Сульфур та навіть Ферум! Отже, масивні зірки є справжніми фабриками космічного синтезу!

Проте закінчують своє життя масивні зірки також інтенсивніше та феєричніше. Ми спостерігаємо цей процес як вибух Нової або Наднової. Внутрішній тиск, що підтримує уявну стабільність залізного ядра зірки, стає неспроможним боротися із силами гравітації. Електрони вдавлюються в протони та утворюють нейтрони. За частки секунди величезна залізна куля колапсує в невелику кульку з нейтронів. У цю мить вивільняється катастрофічна кількість енергії, що стрімко розповсюджується в космічному просторі. Блиск зірки зростає у багато сотень і тисяч разів, а потім поступово слабшає. Так закінчують свій життєвий шлях титани Всесвіту — найвеличніші зірки. І саме такі катастрофи дають Всесвітові найбільше будівельного матеріалу для утворення пилових хмар та планет, бо є джерелами багатьох хімічних елементів.

Таким чином, саме народження, життя та смерть зірок зробили можливим виникнення такого дивного явища, як життя.

## Зоряне розмаїття

Мабуть, якщо ви придивитесь вночі до зоряного неба, то не зможете знайти двох однакових зірок. Дійсно, їх розмаїття вражає не менше, ніж сам факт існування!

Проте для того, щоб познайомитися ближче з кожною з них, треба, як завжди, мати якусь систему, якийсь спосіб класифікації. За допомогою відомої серед астрономів діаграми зірки дуже зручно класифіковано.

Історія розпочалася кілька десятиліть тому, коли датському астроному Ейнару Герцшпрунгу та американцю Генрі Норрісу Расселу незалежно один від одного прийшла ідея побудувати діаграму залежності спектрального класу (фактично кольору та температури) зірки від її світності. Обидва отримали так звану діаграму спектр—світність, що за іменами винахідників називається діаграмою Герцшпрунга-Рассела.

Згодом Герцшпрунг та Рассел виявили у зірок кілька несподіваних особливостей, які чітко описувала їхня діаграма. Узагалі діа-

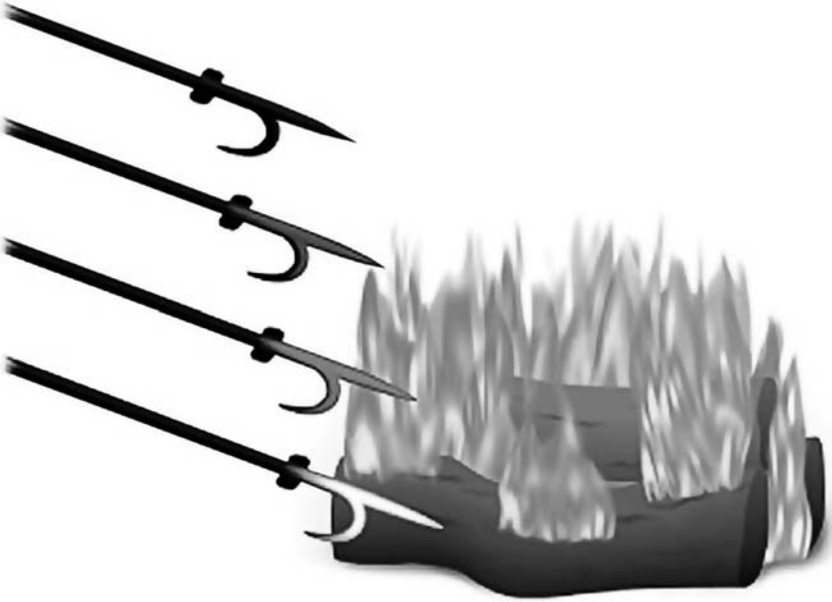
грама Герцшпрунга-Рассела та її різновиди містять у собі дуже багато цікавої інформації, що може проілюструвати життєвий шлях фактично будь-якої зірки. Її вивчення стало однією з актуальних центральних проблем зоряної астрономії. Проте найголовніше для нас з вами — познайомитися з класичною діаграмою, яка розповість нам про ті типи зірок, які існують у безкраїх просторах Всесвіту.

По-перше, розглянемо координати, у яких збудовано діаграму. Вісь ординат відображає світність зірок, виражену в одиницях світності Сонця. Вісь абсцис — спектральний клас об'єкта, а отже, його колір та температуру. Всього існує 7 спектральних класів, що мають позначення O, B, A, F, G, K та M. Для того, щоб запам'ятати цю послідовність, винахідливі астрономи створили фразу-мнемоніку на зразок тієї, що ми використовуємо для запам'ятовування кольорів райдуги. Ця фраза має такий вигляд: «Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me». З англійської це перекладається як «Будь доброю (добрим) дівчиною (хлопцем), поцілуй мене». Кожен із класів ділиться на підкласи, що нумеруються цифрами. Наприклад, Сонце має спектральний клас G2. Це означає, що наша денна зірка дещо гарячіша за зірку класу G3, проте холодніша за зірку класу G1.

Характеристику кожного спектрального класу коротко можна подати у вигляді такої таблиці:

| **Спектральний клас** | **Температура на поверхні** | **Колір** | **Приклади** |
|---|---|---|---|
| O | > 30000 K | блакитний | зірки поясу Оріона |
| B | 30000 K – 10000 K | біло-блакитний | Рігель |
| A | 10000 K – 7500 K | біло-блакитний | Сіріус |
| F | 7500 K – 6000 K | білий | Полярна |
| G | 6000 K – 5000 K | жовтий | Сонце, Альфа Центавра A |
| K | 5000 K – 3500 K | жовто-червоний | Арктур |
| M | < 3500 K | червоний | Бетельгейзе, Проксима Центавра |

З таблиці бачимо, що чим гарячіша зірка, тим більше вона наближається до блакитного кольору. Так ми познайомилися ще з одним поняттям — так званою кольоровою температурою. Дійс-



*Поняття кольорової температури легко проілюструвати наочним прикладом. Чим сильніше нагріта залізна дротина, тим білішою вона стає*

но, якщо гартувати залізну дротину, то з підвищенням температури вона спочатку стане червоною, потім жовтогарячою, жовтою, білою. Якщо розігріти її дуже сильно, можна сподіватися побачити біло-блакитний відтінок.

Тож розглянемо докладніше діаграму Герцшпрунга-Рассела. З лівого верхнього кута у правий нижній іде так звана головна послідовність — комплекс зірок, що живуть за рахунок спалення Гідрогену та знаходяться в стані гравітаційної рівноваги. Час перебування на головній послідовності безпосередньо залежить від маси зірки. Зокрема, зірка з масою, рівною масі Сонця, має час життя на головній послідовності близько 10 мільярдів років. Тоді як зірка, маса якої перевищує сонячну у 20 разів, буде стабільною лише 10 мільйонів років.

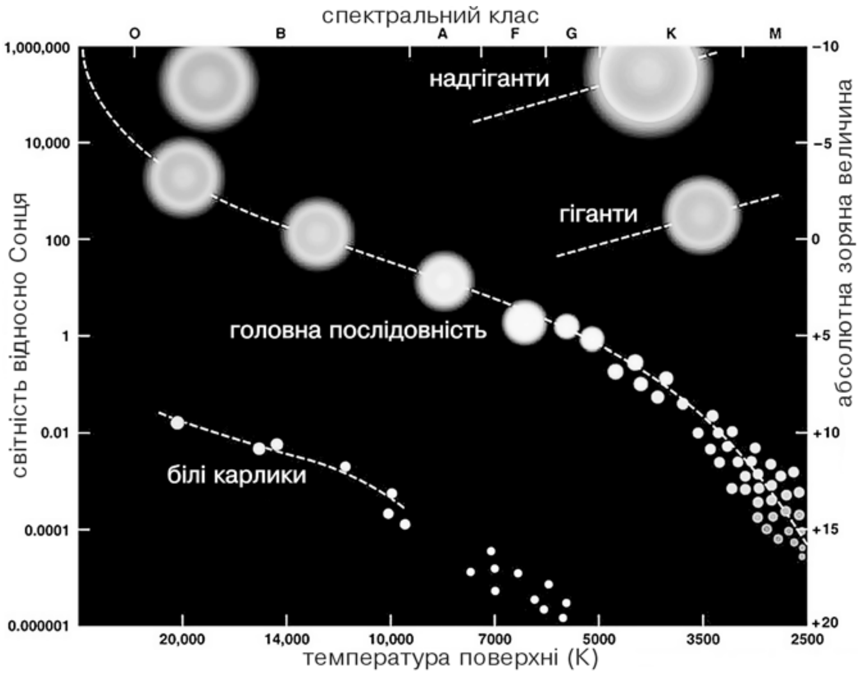
Так, усі зірки головної послідовності мають певну рису: вони спалюють Гідроген. Проте всі вони дуже різняться за розмірами, віком та світністю. Треба сказати, що світність і маса зростають непропорційно. Наприклад, зірка з головної послідовності, що в 10 разів перевищує Сонце за масою, перевищить його світність у 10 000 разів! Звичайно, при такій ситуації навряд чи можна сподіватися знайти життя (а іноді навіть планети!) навколо масивних

зірок головної послідовності. Порівняйте час їхнього життя в стабільному стані з тим часом, що було витрачено природою на створення життя на Землі!

Окрім головної послідовності, що відображає стабільні зірки на головному етапі їхнього життя, діаграма Герцшпрунга-Рассела містить три специфічні групи. У правому верхньому куті знаходяться гіганти та надгіганти, а в лівому нижньому — білі карлики.

Гіганти та надгіганти — це зірки, життя яких добігає свого кінця. Вони вже не мають великих запасів ядерного палива, і тому процеси у їхніх надрах не можуть давати енергію для випромінювання. Дивно, але зірки зростають у розмірах та блиску саме тоді, коли їм так бракує палива! У цей період вони й досягають розмірів гігантів або надгігантів. Найбільші з цих зоряних монстрів досягають у розмірах 1 000 радіусів Сонця! Якщо б наша зірка стала настільки великою, вона б поглинула всі планети з Юпітером включно.

Білі карлики — це залишки від зірок з масами, що не набагато перевищують масу Сонця. Зазвичай це — тіла розміром приблизно з нашу рідну планету. Маса ж білого карлика при цьому може бути навіть трохи більшою за сонячну, але не може перевищувати




*Діаграма Герцшпрунга-Рассела («спектр-світність»)*

**Найшвидшою за видимим власним рухом досі вважається так звана летюча зірка Барнарда, відкрита у 1916 році. Її власний рух дорівнює 10,31 кутової секунди за рік. Зірка Барнарда — одна з найближчих до Сонця після Проксими Центавра та подвійної системи Альфа Центавра A та B. Окрім цього, зірка Барнарда досить швидко наближається до Сонця — відстань, що нас розділяє, кожного століття скорочується на 0,036 світлового року. Через приблизно 9 000 років вона стане найближчою до нас зіркою, змінивши на цій «посаді» Проксиму Центавра.**

так званої межі Чандрасекхара — теоретично доведеної граничної маси, при перевищенні якої білий карлик стає нестабільним: він може вибухнути та утворити нейтронну зірку або чорну діру. Ця маса відповідає приблизно 1,4 маси Сонця. Білі карлики досить гарячі, бо вони являють собою залишки ядер зірок. Проте вони мають незначну світність, бо їм бракує енергії і вони випромінюють лише залишки світла та тепла, що утворилися за часів існування зірки.

## Подвійні та кратні зоряні системи

Досить часто трапляється, що звичайним вважається найбільш розповсюджене. Так, до винаходу та впровадження в повсякденну практичну роботу астрономів нашого головного та досить традиційного інструмента — телескопа — вважалося, що кожна зірка існує сама по собі, як Сонце.

Аж раптом усе повністю змінилося. Відомо, що телескоп не дає змоги збільшити зображення зірки. Проте якщо уявити собі, що дві зірки знаходяться дуже близько одна від одної (так, що неозброєним оком цього не побачиш), то окремо їх можна буде спостерігати тільки за допомогою телескопа.

Подвійні зірки є дуже цікавими об’єктами для спостереження. Так, деякі з них відрізняються винятково красивими комбінаціями кольорів — жовтий та синій, червоний та білий, білий та зелений... Однією з найпрекрасніших подвійних зірок є Альфа Гончих Псів — Астеріон. Її компоненти мають синій та червоний кольори, і вона доступна для спостереження навіть у найпростіші аматорські телескопи.

Отже, за допомогою телескопа було доведено, що деякі зірки розташовані дуже близько одна від одної. Такі пари почали називати подвійними зірками. Спочатку подвійні зірки вважалися рідкістю, і це неважко пояснити: ми дуже звикли до вигляду Сонця, яке, на щастя, є одиночною зіркою. Спробуйте уявити собі, що було б, якби Сонце було подвійною зіркою: заходить одне Сонце — сходить інше!

Але ж згодом астрономи впевнилися, що скоріше за все саме існування подвійних (а іноді й кратних — таких, що складаються з трьох чи більше компонентів) зоряних систем — як зазвичай, і поодиноких зірок, є своєрідним винятком. Проте чи вони дійсно подвійні — відповідь на це питання прийшла з часом.

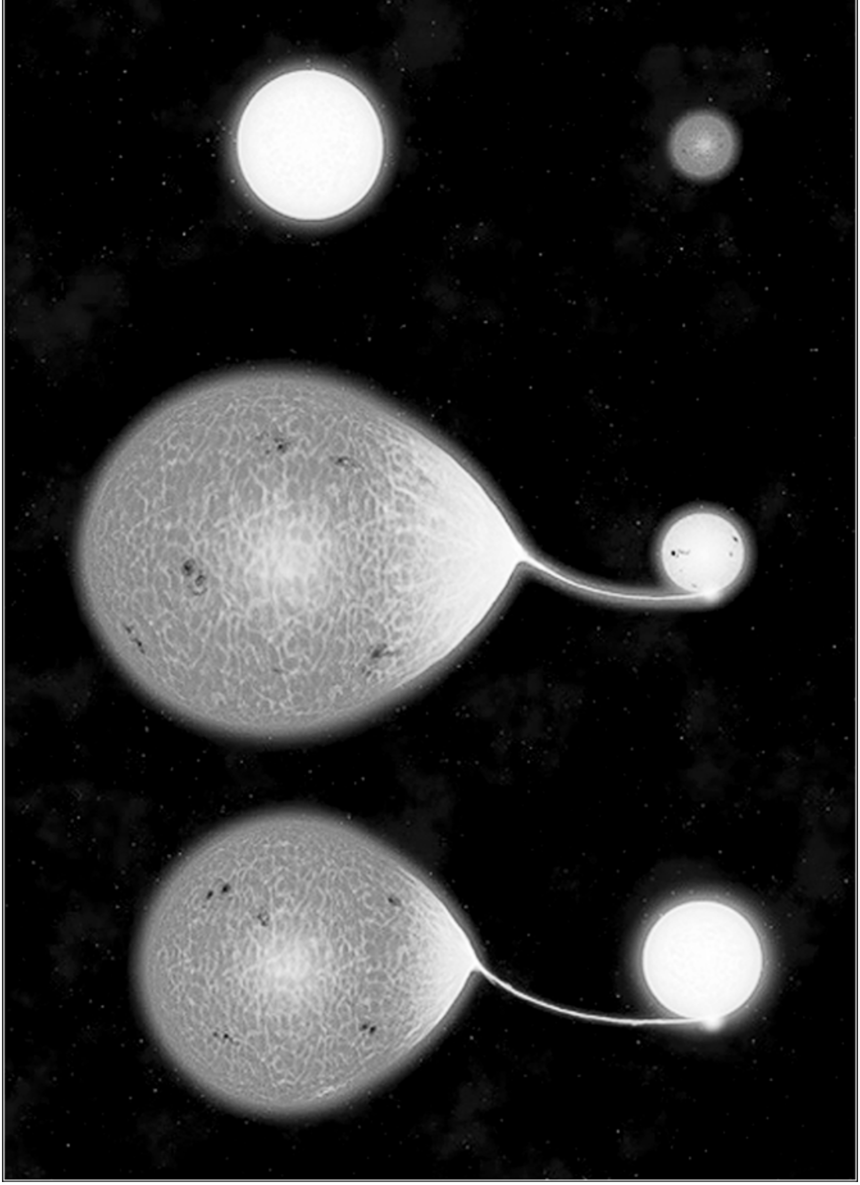
Існує ряд так званих оптично подвійних зірок. Це коли зірки тільки візуально на небі знаходяться близько. При цьому у Всесвіті їх можуть розділяти сотні парсеків простору. Найвідомішою оптичною подвійною зіркою є пара у Великій Ведмедиці — Алькор та Міцар (у перекладі це означає «кінь» і «вершник»).

Якщо дві зірки утворюють єдину систему, то ми з вами говоримо про фізично подвійну зірку. Така зірка складається з двох компонентів, що обертаються навколо спільного центру мас — на зразок того, як Земля обертається навколо Сонця. Період орбітального обертання зірки залежить від її відстані від центру мас. Якщо ми спостерігаємо таку систему ніби «зверху» або «знизу», то можемо за декілька десятків або сотень років помітити рух одного компонента відносно іншого. Це є прямим доказом того, що зірки є фізично пов’язаними між собою.

Трапляються, однак, випадки, коли компоненти розташовані настільки близько, що розрізнити їх у телескоп усе одно неможливо. Проте є непрямий досить надійний засіб довести, що зірка є подвійною. Це — використання ефекту Доплера-Фізо. Застосуємо його до спектра дуже щільної подвійної пари. Якщо один компонент рухається до нас (для нього спостерігається синє зміщення спектра), то інший у цю саму мить буде рухатись у протилежному напрямку (червоне зміщення) — зірки ніби хороводять навколо центру мас. Тоді ми будемо спостерігати періодичне роздвоєння ліній у спектрі такої зірки. Саме тому щільні зоряні пари називають спектрально подвійними.

Життя тісних подвійних зірок узагалі дуже цікаве. Для прикладу розглянемо зорю Алголь — «Диявол» — у сузір’ї Персея. Вона складається із двох близько розташованих компонентів — зірки головної послідовності з масою 3,7 маси Сонця та субгіганта, з масою 0,8 маси Сонця. Обидві зірки народилися водночас, тобто повинні мати один і той же вік. Як же так сталося, що менш масивна зірка вже стала субгігантом, тоді як більш масивна ще перебуває на головній послідовності? Адже повинно бути навпаки!

Цей так званий парадокс Алголя ілюструє нам деякі, до цього невідомі деталі з життя щільних зоряних пар. Так, зірки в парі впливають одна на одну на зразок того, як Місяць створює на Землі припливні сили. Майже такі припливні сили створює кожна зірка пари на іншу. Коли вони обидві перебувають на головній



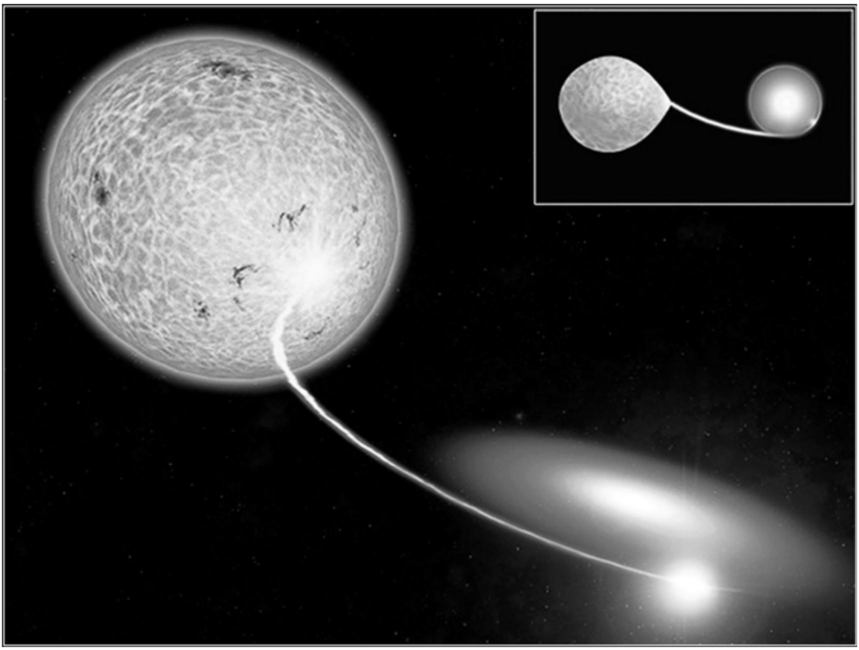
*З більш масивної зірки речовина перетікає на менш масивну: ілюстрація парадоксу Алголя*

послідовності, це мало впливає на їхній стан. Але ж коли більш масивна зірка починає розширюватися та стає гігантом, частина речовини останньої під дією припливних сил менш масивної зірки може перейти на неї.

Саме так сталося і в «диявольській» парі. Субгігант з масою 0,8 маси Сонця був набагато масивнішим. Як масивна зірка, він став раніше розширюватися до червоного гіганта. У цей час він і віддав велику кількість своєї маси менш масивній зірці, що ще перебувала на головній послідовності. Тепер вона має масу 3,7 маси Сонця.

Узагалі систематичне вивчення подвійних та кратних зоряних систем було розпочате ще Гершелем наприкінці XVIII століття. Продовжені ці дослідження були зусиллями російського астронома XIX століття, засновника Пулковської обсерваторії В. Я. Струве. В останні роки дослідження подвійних та кратних зоряних систем привертає дедалі більшу увагу в зв'язку з тим, що Нові та Наднові зірки, пульсари, спалахуючі зірки, джерела рентгенівського випромінювання, нейтронні зірки та чорні діри також можуть бути компонентами таких систем. Спостереження подвійних зірок із невидимим супутником засновані головним чином на аналізі спектрів (спостерігається періодичне відхилення ліній за ефектом Доплера-Фізо), а також власному русі зірки в просторі.

Як ви знаєте, білі карлики, нейтронні зірки або чорні діри є кінцевим результатом життєвого шляху зірки. Що ж трапляється, коли один з цих об'єктів стає компонентом подвійної систе-



*Якщо компонентом подвійної системи є нейтронна зірка або чорна діра, можливе утворення акреційного диска*

ми? Їх велика маса та досить компактні розміри спричиняють величезний гравітаційний вплив з їхнього боку на другий компонент — гігант або зірку головної послідовності. Внаслідок цього речовина зі звичайної зірки починає перетікати на білий карлик, нейтронну зірку або чорну діру. Вона закручується навколо останньої, формуючи так званий акреційний диск. Саме спостереження акреційних дисків або жорсткого випромінювання, що супроводжує поглинання чужої речовини, дозволяє вченим зафіксувати невидимий компонент подвійної зоряної системи.

## Змінні зірки

Хоча на перший погляд сяючі на небосхилі зірки здаються постійними, насправді в багатьох з них видимий блиск змінюється з часом. Зірка то яскравішає, то потім знову слабшає. Такі зірки астрономи називають змінними.



***Джанет А. Маттеї (1943—2004).***
**Видатний американський вчений-астроном, що більшу частину свого життя присвятила дослідженням змінних зірок. Народилася та навчалася в Туреччині. У 1969 році відвідувала літню школу в обсерваторії Марії Мітчелл у США, де й зацікавилася змінними зірками. Молодий, перспективний та дуже талановитий спеціаліст, вже в 29 років Джанет стала асистентом директора Американської Асоціації спостерігачів змінних зірок (American Association of Variable Star Observers — AAVSO) — однієї з найавторитетніших у світі організацій, що координує зусилля аматорів та професіоналів усього світу в цій галузі. З 1973 року до самої смерті була директором Асоціації. Протягом цього періоду Джанет не припиняла заохочувати аматорів до співробітництва, вірити в молоді таланти та вести всебічну науково-просвітницьку діяльність. Завдяки її ініціативам було створено Всесвітню базу даних змінних зірок, значно вдосконалено систему збирання та обробки спостережень з усього світу. Тридцять років під керівництвом Джанет стали, безумовно, епохою розквіту діяльності AAVSO.**

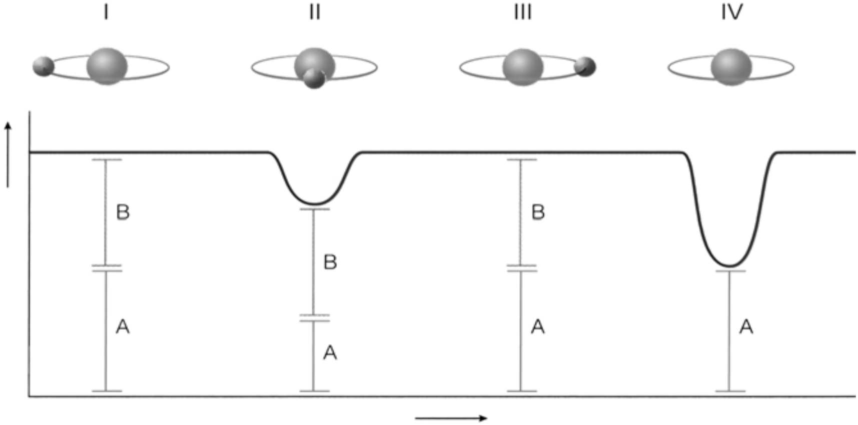
Одні зірки змінюють свій блиск, суворо дотримуючись періодичності. Інші роблять це не так передбачувано. Трапляються зірки, у яких взагалі важко визначити певний період коливання блиску. Як ми з вами вже дізналися з попередніх розділів, є також зірки, що спалахують раптом і так само раптово згасають.

Змінні зірки розділяють на три класи: пульсуючі, вибухові (еруптивні) та затемнювано-змінні. Пульсуючі змінні зірки характеризуються повільною зміною блиску, що зумовлено періодичною зміною радіуса та температури поверхні зірки. Коли зірка стискається, її температура зростає. Підвищення температури призводить до зростання світності, хоча радіус і зменшується. При зворотному процесі все йде навпаки: збільшення розмірів, зниження температури та світності. Періоди коливання пульсуючих змінних зірок лежать у межах від кількох годин (зірки типу RR Ліри) до десятків (цефеїди) та сотень (міриди — зірки типу Міри Кита) діб. У перших двох класів пульсуючих змінних зірок періодичність витримується з великою точністю. У змінних зірок із напівправильним або хаотичним коливанням блиску мають місце потужніші пульсації, що проходять нерегулярно.

Другий клас змінних зірок носить назву еруптивних, тобто тих, чия змінність спричинена вибуховими процесами в надрах таких зірок. До них належать, по-перше, вже відомі нам Нові та Наднові зірки, повторні Нові, новоподібні та деякі інші. Всім цим зіркам властиві одноразові або повторні спалахи вибухового характеру, пов'язані з раптовим зростанням блиску. Більша частина таких зірок є компонентами тісних подвійних систем. Активні процеси в них виникають при взаємодії компонентів у таких системах, з якими ми коротко ознайомились у попередньому сюжеті. По-друге, до еруптивних змінних відносять також молоді та швидкі неправильні зірки та цілу низку споріднених з ними об'єктів.

Пульсуючі та еруптивні змінні зірки називають фізичними змінними. Таку назву вони отримали тому, що змінність їхнього видимого блиску спричинена фізичними процесами, що проходять безпосередньо в їхніх надрах. При цьому змінюються температура, колір, а іноді й розміри зірки.

До третього класу відносять затемнювано-змінні зірки. Це — подвійні зоряні системи, які ми розглядаємо ніби «з ребра». При русі зірок орбітою навколо спільного центра мас вони по черзі затемнюють одна одну, що і призводить до змін у видимому блиску системи. У тісних затемнювано-змінних системах коливання сумарного блиску можуть бути також результатом зміни форми зірки при її взаємодії з компаньйоном.




*Динаміка затемнювано-змінної зірки: I, III — блиск у максимумі; II — вторинний мінімум; IV — головний мінімум*

Історія відкриття затемнювано-змінних зірок узагалі-то дуже цікава, і трапилася вона знову ж таки з відомою нам «диявольською» зіркою з сузір'я Персея — Алголем. Коли було відкрито періодичні коливання блиску цієї зірки, ніхто довгий час не міг пояснити це явище. Взявши на озброєння тодішні відомості про подвійні зоряні системи, молодий англійський аматор астрономії Джон Гудрайк (він, між іншим, був сліпим) запропонував модель затемнення одного компонента іншим. Таким чином, він не тільки пояснив сам факт змінності блиску Алголя, але й походження вторинного мінімуму, що існував на діаграмі зміни блиску від часу. В період максимального блиску ми бачимо світло від обох компонентів. У період головного мінімуму слабший компонент затемнений яскравішим компонентом, і ми бачимо тільки світло, що прийшло з останнього. Під час вторинного мінімуму слабший компонент затемняє яскравіший, і ми бачимо частину світла останнього та все світло, що приходить від слабшого компонента.

В останні роки відкриваються все нові й нові змінні, бо досконалість апаратури, яку ми використовуємо для вимірювань блиску, невпинно зростає. Наприклад, уже доведено, що наше Сонце теж пульсує з періодом близько двох з половиною годин. На наше щастя, це пульсації, які не впливають суттєво на життя на Землі.

## Нейтронні зірки та пульсари

Білі карлики, одна чайна ложка речовини яких важить 5 тонн (!), можуть здатися фантастичними, проте набагато дивнішими та таємнішими вам здадуться нейтронні зірки, утворені в результаті колапсу залізного ядра величезних масивних Наднових.

Типова нейтронна зірка може бути всього до 10 кілометрів у діаметрі. Але при цьому вона важить більше за наше Сонце. Це — як величезне ядро, що складається з самих нейтронів, склеєних між собою силами гравітації. Ці величезні сили просто вражають. Якщо б ви, наприклад, забажали відвідати нейтронну зірку, то були б моментально розчавлені її гравітацією. Навпаки, якщо припустити, що невеличка частинка нейтронної зірки завітала б до вас, то результат був би не менш тривожним. Так, звичайна канцелярська скріпка важила б більше за Еверест!

Уперше вчені заговорили про нейтронні зірки ще наприкінці 30-х років XX століття. Проте тоді це були не підтверджені фактами спостережень теоретичні здогади та розрахунки.

Усе змінилося у 1967 році раптовим відкриттям Джоселін Белл. Під час випробувань нового радіотелескопа в університеті Кембриджа вона зареєструвала дивний сигнал, що виходив із сузір’я Лебедя у вигляді пульсацій з дуже правильним періодом — 1,337301 секунди. Спочатку, наполовину жартома, дивний сигнал назвали «LGM» від англійського Little Green Men — маленькі зелені чоловічки. Сучасні астрономи називають такі швидкі періодичні пульсуючі джерела радіовипромінювання пульсарами.

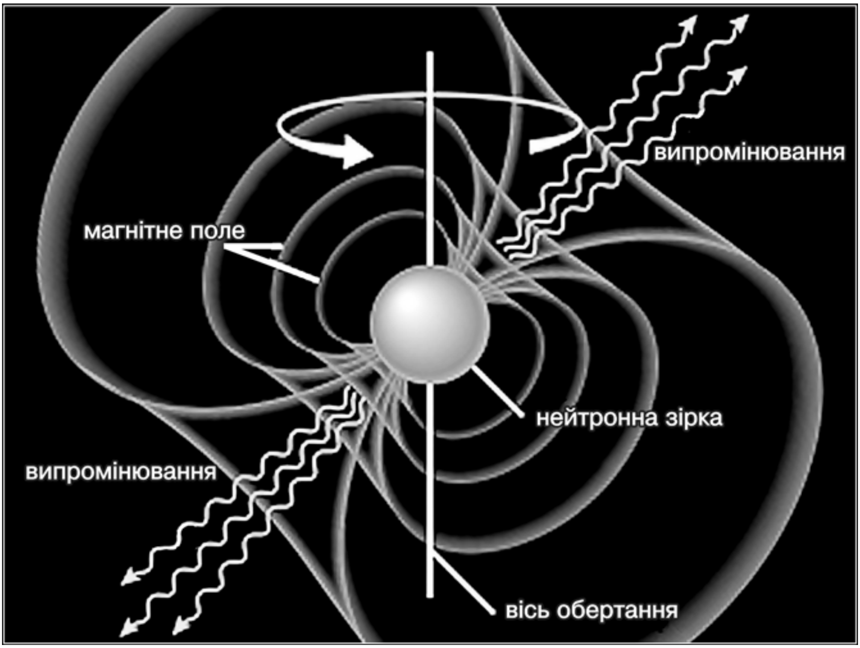



*Схема утворення пульсара з нейтронної зірки, що має потужне магнітне поле та швидко обертається навколо власної осі*

**У природі швидше за всіх обертаються пульсари — пульсуючі джерела радіовипромінювання. Швидкість їхнього обертання настільки велика, що хід атомного годинника найточніше буде перевіряти саме за випромінюванням пульсарів. Найшвидший пульсар було відкрито американськими астрономами за допомогою радіотелескопа в Аресібо, що в Пуерто-Рико. Він має позначення PSR 1937+215 та розташований у сузір'ї Лисички на відстані 16 000 світлових років від Землі. Рекордсмен обертається навколо власної осі з частотою 642 оберти за секунду. Попередній рекорд належав пульсару, що займає центр Крабоподібної туманності. Його частота обертання дорівнює 30 обертам за секунду.**

Таємницю пульсарів було розкрито невдовзі після відкриття самих об'єктів. Наприкінці 1968 року вчені знайшли «пістолет» — пульсар, що знаходився в центрі Крабоподібної туманності. Згодом було знайдено ще декілька пульсарів у центрах планетарних туманностей. Після цих знахідок стало зрозуміло — пульсарами є нейтронні зірки, що залишилися після вибухів Наднових.

Накопичуючи дані за кілька років (або десятки років), можна з великою точністю оцінити період певного пульсара. У цих дослідженнях учені показали, що період кожного пульсара із часом зростає. В одних пульсарів період подвоюється за 1 000 років, для інших подвоєння періоду пульсацій може зайняти навіть мільярд років. Цей час умовно називають віком пульсара.

Природа пульсара стане зрозумілішою, якщо ми розглянемо таке порівняння. Загалом пульсари, як вважають учені, є нейтронними зірками з дуже сильним магнітним полем, що швидко обертаються навколо власної осі. Через магнітне поле випромінювання пульсара подібне до променя прожектора. Коли цей промінь потрапляє на антену радіотелескопа, ми реєструємо сигнал. Уявіть собі, наскільки швидко повинна обертатися нейтронна зірка, щоб забезпечити такий період сигналу пульсара (для порівняння — Сонце обертається навколо власної осі трохи менше ніж за місяць)!

До відкриття пульсарів у науковій літературі широко обговорювалося питання про існування нейтронних зірок. Проте не було обґрунтованої надії на те, що коли-небудь удасться спостерігати такі об'єкти астрономічними методами. Деякі астрономи взагалі мали сумніви щодо їх існування. Несподіване відкриття пульсарів довело, що нейтронні зірки дійсно існують. Більше того, вони можуть бути джерелами радіовипромінювання величезної потужності, що набагато перевищувала теоретично розраховану. Дивною є також точна регулярність та періодичність їхніх радіосигналів, що й досі є однією з найскладніших загадок пульсарів.

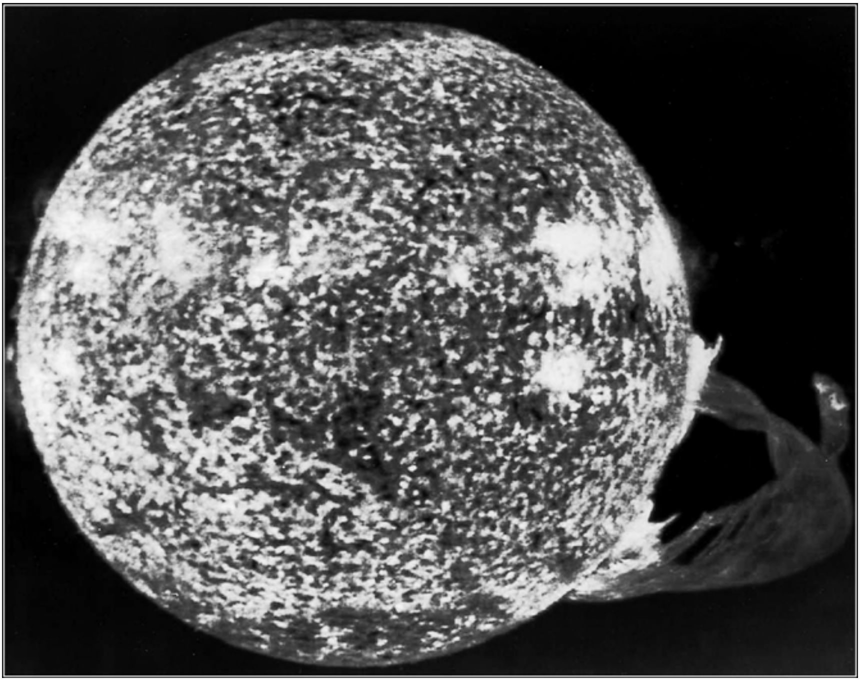
## Наше Сонце

Ще в прадавні часи люди шанували Сонце за те, що воно дає життя всім істотам нашої планети. Деякі народи робили Сонце богом, деякі створювали міфи з метою пояснити його щоденний шлях небом Землі. Проте тільки нещодавно ми нарешті зрозуміли, яке місце займає Сонце серед інших зірок Всесвіту, як і чому воно дарує нам своє тепло та світло.

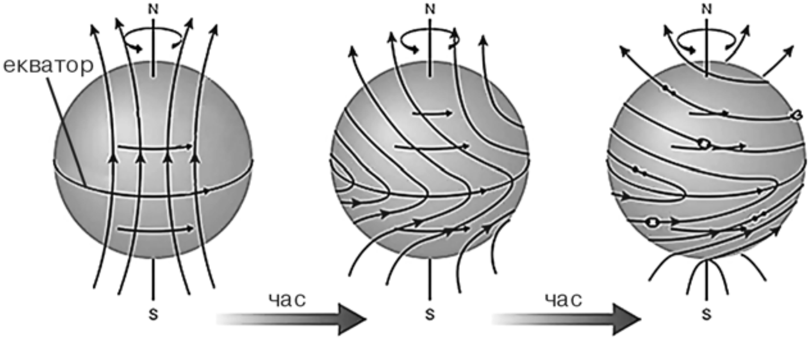
Ми вже згадували, що Сонце — типова середня жовта зірка головної послідовності. Температура його поверхні дорівнює близько 6000 K, тоді як у надрах — там, де йдуть ядерні реакції, температура сягає мільйонів K (до 15 мільйонів K у самому центрі!).

Уже біля п'яти мільярдів років Сонце знаходиться в стані гравітаційної рівноваги. Тобто гравітаційний тиск повністю компенсується тиском, що створює випромінювання, яке є результатом активних процесів у надрах нашої зірки. У цьому стані, виходячи з діаграми Герцшпрунга-Рассела, Сонце має проіснувати щонайменше ще 4—5 мільярдів років.

То як же побудований цей колосальний реактор, що тисячоліттями підтримує полум'я життя на нашій планеті? Давайте вирушимо в уявну та незвичайну подорож — подорож до центру Сонця!



*Сонце*




*Швидкість обертання Сонця на різних широтах є різною: на екваторі обертання йде помітно швидше*

Почнемо із самої Землі. З поверхні нашої планети Сонце виглядає дуже гарячою жовтуватою кулею. За даними досліджень дізнаємося, що нині Сонце складається на 70% з Гідрогену та на 28% з Гелію. Важчі елементи складають залишок у 2% маси. Кожної секунди Сонце викидає в космічний простір колосальну кількість вільної енергії. Достатньо сказати, що якби нам удалося законсервувати енергію, що воно вивільняє за одну секунду, ми змогли б задовольнити теперішні потреби людства на найближчі 500 000 років! Більшість цієї енергії випромінюється у вигляді видимого світла, і досить незначна її частина досягає поверхні Землі. Проте якщо ми знімемо з нашої планети захисний шар атмосфери, то нам доведеться зустрітися і з іншими, більш небезпечними видами випромінювання — рентгенівським, ультрафіолетовим тощо.

Якщо ви направите ваш телескоп на Сонце, то побачите кулю розігрітого газу та найчастіше за все хоча б кілька сонячних плям. Якщо б ви мали змогу роздивитися саму тільки пляму, то побачили б, що вона сліпучо яскрава. Темними ці плями виглядають тільки на тлі ще яскравішої сонячної поверхні.

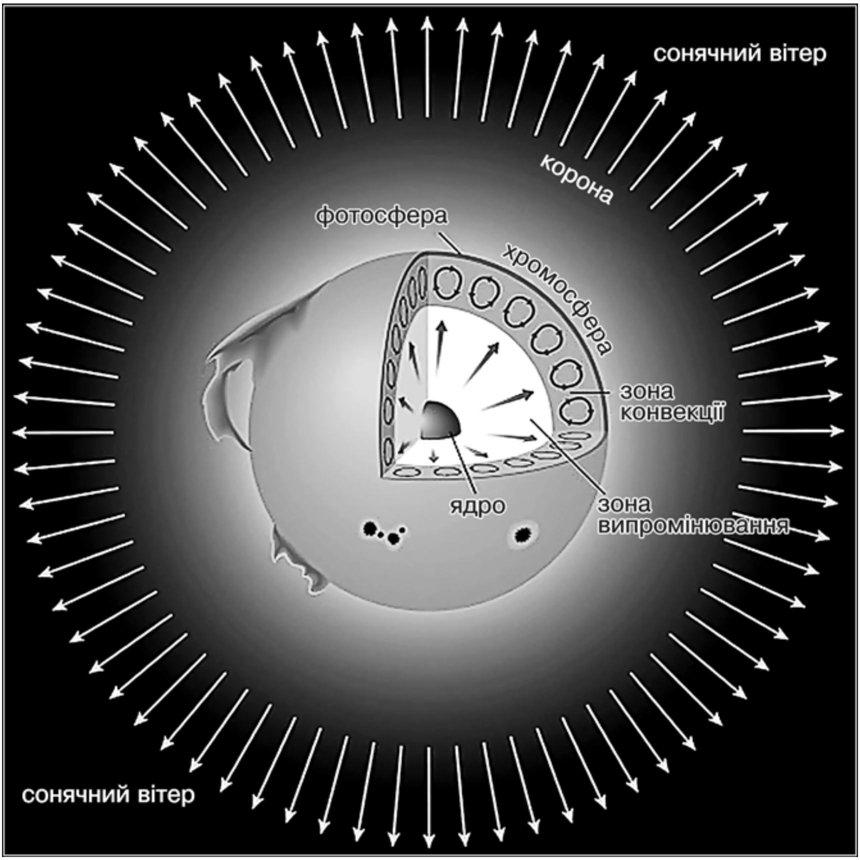
Типова сонячна пляма сама по собі настільки велика, що могла б легко порівнятися розмірами з Землею. Це — наочна ілюстрація того, що будь-що на Сонці буде величезним за земними стандартами. Саме ж Сонце — тим більше. Його радіус дорівнює близько 700 000 кілометрів, а маса перевищує $2\times10^{30}$ кілограмів, що у 300 000 разів більше за масу Землі!

Спостерігаючи за сонячними плямами в телескоп, ви можете впевнитися в тому, що Сонце обертається навколо власної осі. Звичайно, воно робить це зовсім не так швидко, як пульсари! Проте сонячне обертання має певну особливість: воно не обертається на зразок твердої кулі. Можна помітити, що плями на екваторі руха-

ються швидше за ті, що знаходяться на вищих сонячних широтах. Так, екваторіальний період обертання Сонця дорівнює близько 27 діб, тоді як полярний зростає до 31 доби.

Кількість плям свідчить про рівень сонячної активності. Завдяки телескопічним спостереженням, що більш-менш регулярно записувалися з середини XVII століття, астрономам удалося встановити певну періодичність сонячної активності. Так, зокрема, народилося уявлення про 11-річний цикл сонячної активності. Цей цикл зумовлений саме нерівномірним обертанням Сонця. Існують також більш тривалі і через це менш вивчені цикли сонячної активності.

Поступово наш космічний корабель наближається до Сонця, і ми спостерігаємо постійне зростання інтенсивності сонячного вітру — потоку високоенергетичних частинок, що залишають Сон-

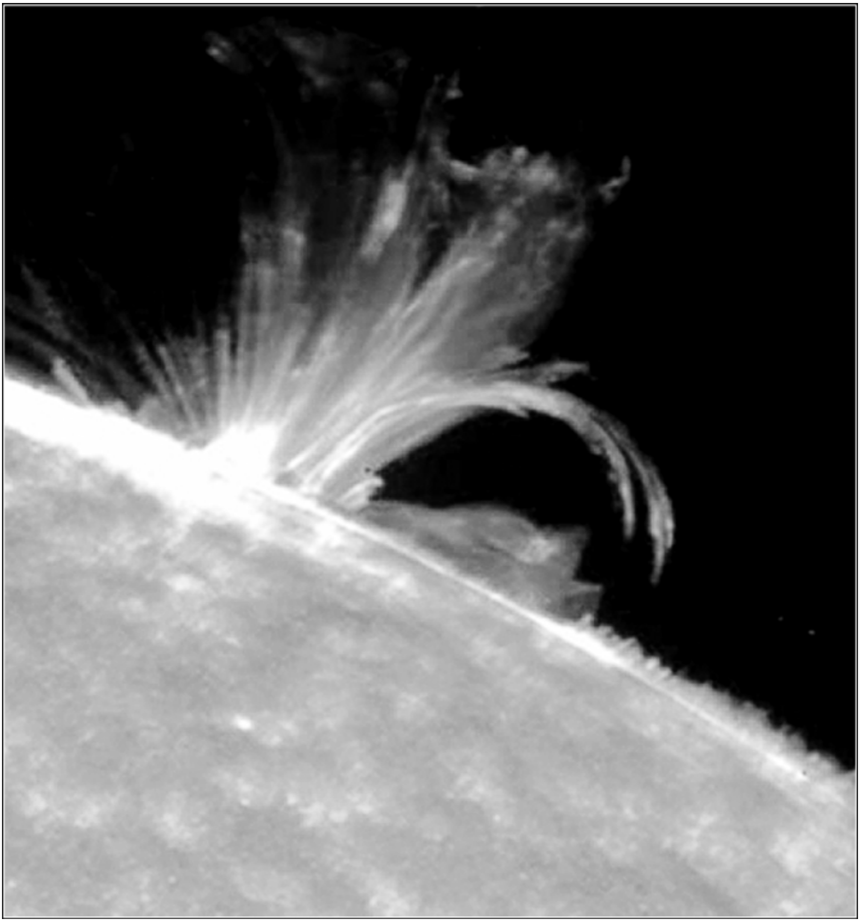


*Будова Сонця та навколосонячного простору*

це з великими швидкостями. Саме цей вітер створює хвости в комет.

За кілька мільйонів кілометрів до нашої мети ми входимо у сонячну корону — найвищий рівень сонячної атмосфери. Саме в цьому регіоні утворюється найбільша кількість жорсткого рентгенівського випромінювання. Температура тут така ж немилосердна: близько 1 000 000 К! Хоча корабель слабо відчуває таку спеку через дуже малу густину речовини в короні.

Ближче до сонячної поверхні температура несподівано падає до приблизно 10 000 К — ми входимо до хромосфери, головного джерела сонячного ультрафіолетового випромінювання. І нарешті



*Протуберанець — гігантський викид сонячної речовини в активних зонах нашого денного світила*

ми пірнаємо у видиму поверхню Сонця, що носить назву фотосфери. Її середня температура, як ми вже знаємо, сягає близько 6 000 К. Незважаючи на те, що з Землі фотосфера виглядає як поверхня, насправді вона складається з розігрітого газу, густина якого набагато менша за густину земної атмосфери. Тут, біля поверхні, треба бути особливо обережними: зовсім непередбачувано може відбутися викид маси — утвориться так званий протуберанець. Дуже цікаво за ними спостерігати навіть із Землі (звідти вони не виглядають небезпечними). Справа в тому, що це дуже «живі» об'єкти — зміни у їхній структурі можна побачити за кілька хвилин. За розмірами вони досягають іноді колосальних значень і майже дістають до Землі!

До цього часу з ілюмінаторів вашого космічного корабля ви могли бачити Землю. З того моменту, як ми занурюємося у фотосферу, сліпуче світло поглинає вас повністю. Шалена турбулентність навколо — проте ви в змозі її приборкати. Ви стаєте свідком величезних потоків гарячого газу, що підіймаються до верхніх шарів — до фотосфери, та холоднішого газу, що опускаються донизу. Це — зона конвекції (тобто перемішування), що простягається на третину від загальної відстані до сонячного центру.

Зона конвекції відповідає за перенесення до поверхні випромінювання, що вироблене в зоні радіації. Саме тут енергію переносять в основному фотони світла. Тепер температура за бортом сягає 10 мільйонів К, а корабель оточений рентгенівським випромінюванням, у тисячі разів сильнішим за видиме на сонячній поверхні.

Звичайно, жоден реальний космічний корабель не дожив би навіть до такого завершення експедиції. Проте в нас з вами є дуже потужна зброя — уява. Отже, продовжимо подорож, бо ми зовсім близько до нашої мети — ми підходимо до сонячного ядра. Саме тут, в умовах величезних температур (близько 15 мільйонів К) та колосального тиску (у 200 мільярдів разів більшого, ніж атмосферний тиск на поверхні Землі) відбуваються ядерні реакції, що перетворюють Гідроген на Гелій. Це і є джерело сонячної енергії і — джерело нашого життя!

## Позасонячні планетні системи

Наскільки схожі планетні системи? Чи є вони взагалі навколо інших зірок? Наскільки можливе існування планет, подібних до нашої Землі? Чи інші планети, на яких є життя, настільки ж схожі на нашу в реальному Всесвіті, як і в науковій фантастиці? І чи є взагалі життя на інших планетах? Як ви добре знаєте, коли мова заходить про життя у Всесвіті, то питань постає значно більше, ніж відповідей.

Отже, ми не можемо дати впевнену та ґрунтовну відповідь на більшість із поставлених питань. Проте ми можемо точно сказати, що протягом останніх десяти років людство зробило колосальний крок до розуміння динаміки планетних систем.

Минулі спостереження підтвердили, що більшість протопланетних дисків схожі, як це було передбачено теорією формування нашої власної планетної системи. Навіть подвійні та кратні зоряні системи, що раніше вважалися поганими кандидатами на створення планетних систем, тепер вже вирівняні в правах з іншими зірками. Вчені довели, що планети можуть безпечно обертатися або навколо однієї з зірок системи, або за великою орбітою навколо двох зірок разом.

Значно важливіші відкриття були зроблені в 90-х роках XX століття. Вдосконалення спостережних методик та апаратури дало змогу астрономам спостерігати не тільки протопланетні диски, а й проводити цілеспрямований пошук реальних планетних систем, що вже існують.

Так, на початку 1990-х ми не мали жодного доказу того, що планети існують і навколо інших зірок, а не лише довкола Сонця. Подальшу історію відкриття позасонячних планетних систем можна порівняти хіба що з відкриттям подвійних зірок. Коли було відкрито першу планетну систему навколо іншої зірки — це була сенсація, в яку повірили не одразу. Звичайно, це здавалося несподіванкою і унікальним винятком. Проте на 2001 рік астрономам уже були відомі десятки планетоподібних об'єктів, що обертаються навколо інших зірок. Сучасній науці їх відомо більше 160.

Звісно, ми не можемо завжди точно визначити масу цих об'єктів і деякі з них можуть потім виявитися більше схожими на маленькі зірки, ніж на планети, — тобто це можуть бути коричневі карлики. До того ж сучасна апаратура не дозволяє знаходити та вивчати такі маленькі планети, як наша Земля, і ми досі не маємо фактів, що довели б існування землеподібних планет.

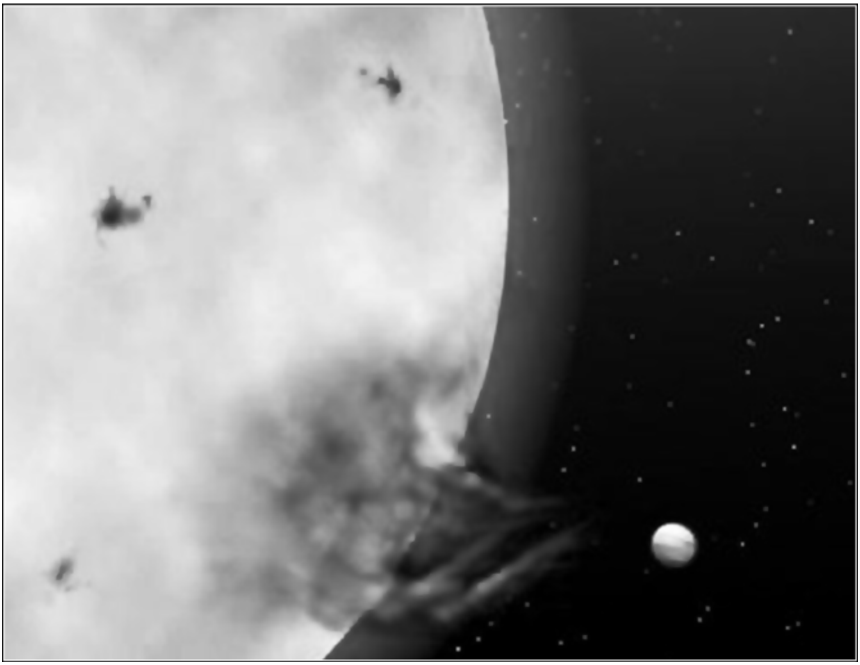
Як же відкривають позасонячні планети? Може здатися, що найпростішим способом відкрити планету є просто сфотографувати її та зірку в дуже потужний телескоп. Може, й так, проте існують дві головні проблеми. Перша: навіть типова сонцеподібна зірка буде давати в мільярди разів більше світла, ніж віддзеркалює землеподібна планета. Тому будь-яке світло з планети просто потоне в променях її ж зірки. І, нарешті, друга проблема: сучасні астрономи не мають на озброєнні жодного телескопа, що дозволив би безпосередньо спостерігати планети навіть навколо найближчих зірок. Тому дотепер найпоширеніше використання мають не-

прямі методи, які базуються на спостереженні того невеличкого гравітаційного впливу, що мають планети на свої зірки.

Головний метод, який застосовують астрофізики, це той самий метод на основі ефекту Доплера-Фізо, що використовується при спостереженнях спектральних подвійних зірок, особливо з невидимими супутниками. Сучасні методики дозволяють знаходити планету, якщо її орбітальна швидкість перевищує 3 м/с — швидкість зовсім невелика, але достатня для того, щоб «сколихнути» центральну зірку.

Відкриття позасонячних планет надало людству цікаву можливість перевірити вірність теорій, що описують формування нашої власної планетної системи. Чи здатна наша теорія пояснити та описати інші планетні системи, чи є вона універсальною? Чи нам знову треба повертатися до ручки та паперу?

З аналізу інших планетних систем випливає нова загадка — вони значно відрізняються від нашої Сонячної системи. Більшість планет мають витягнуті еліптичні орбіти, на відміну від майже кругових, якими рухаються наші планети. Переважна більшість відкритих нами планет мають масу більшу за Юпітер. Але найдивніше те, що більшість цих планет розташована в безпосередній близькості від своєї зірки, а це дуже відрізняє їх від планет Соняч-



*Наше сучасне уявлення про позасонячні планети*

ної системи. Наша теорія поки що нездатна описати виникнення та існування планет-гігантів на таких невеликих відстанях від зірки.

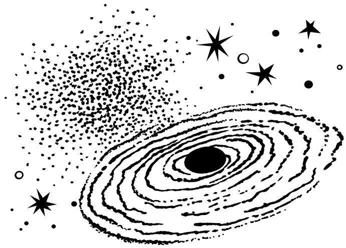
Потроху, відкриваючи нові світи, ми повинні досягти більш чіткого та детального розуміння того, наскільки справедлива наша теорія утворення планетних систем. Відкриття не примусять на себе довго чекати, адже невпинно вдосконалюються спостережні інструменти, впроваджуються в практику нові методи. Найближчим часом планується також уведення в дію нових потужних телескопів, головною метою яких стане дослідження позасонячних планет. Так, у найближчі 20 років NASA планує вивести на орбіту телескоп-інтерферометр, що дозволить отримувати зображення та спектри планет навколо інших зірок. Так ми принаймні дізнаємося, чи світи, схожі на наш, узагалі існують, чи вони є рідкістю.

# V

# ГАЛАКТИКИ — ОСТРОВИ У ВСЕСВІТІ



*Цей космос, єдиний для всього, що існує, не створив ніякий бог і ніяка людина, але завжди він був.*
*Є і вічно буде живим вогнем, що мірою спалахує та мірою затухає.*
Геракліт



Далеко за межами Молочного Шляху ми бачимо багато інших галактик. Деякі з них схожі на нашу, деякі — дуже відрізняються від неї. Усі вони ніби розкидані безкраїм простором космосу аж до самих меж Всесвіту, який ми маємо змогу спостерігати.

Дуже відомий приклад допоможе вам зрозуміти, як їх багато. Кілька років тому орбітальний телескоп імені Хаббла отримав фотографію глибокого космосу. На це йому знадобилося 10 діб! Було сфотографовано ділянку неба в районі сузір'я Великої Ведмедиці. Настільки малу, що якщо ви візьмете піщинку, то вона буде мати саме такі розміри на відстані витягнутої руки. Так от, на цій фотографії відбилися зображення сотень галактик. Якщо порахувати їх усі, а потім помножити на кількість таких ділянок на небі, то отримаємо, що Всесвіт, який ми спостерігаємо, налічує понад 80 мільярдів галактик!



*На компактній ділянці зоряного неба в сузір'ї Великої Ведмедиці зібралася фантастична кількість галактик.*
*Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

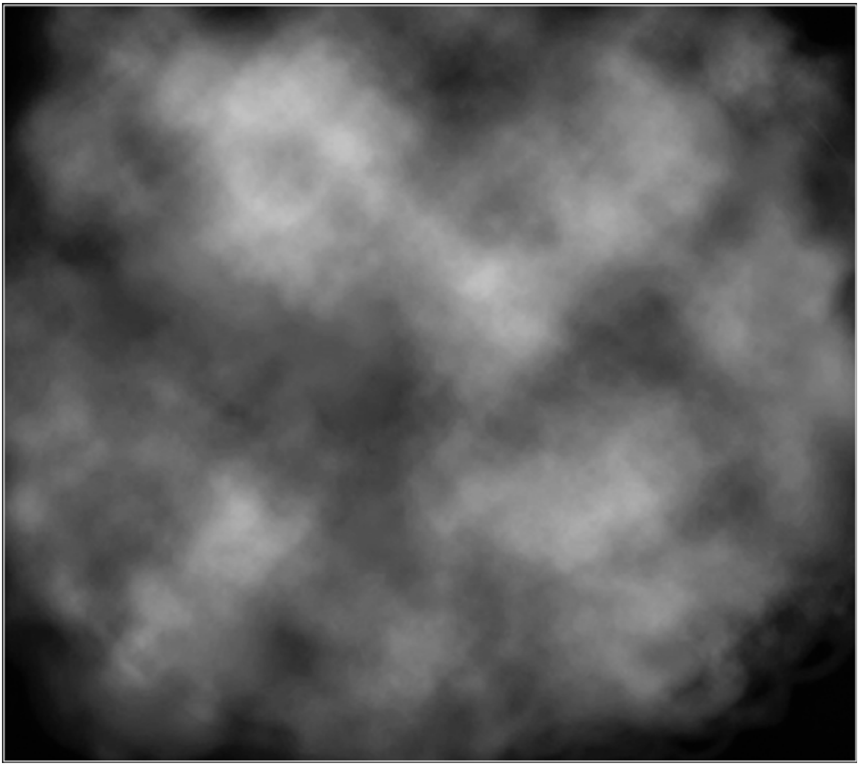
Це феєричне видовище надихає вчених на фундаментальні питання. Як далеко знаходяться ці галактики? Який вік Всесвіту? Наскільки великий наш Всесвіт? Ще століття тому ці питання здавались би суто філософськими,

такими, на які вчені не зможуть дати ґрунтовну відповідь. Нині ми віримо, що знаємо достатньо для того, щоб відповісти на всі ці три питання з певною точністю.

Крок за кроком ми з вами з'ясуємо таємниці цих островів Всесвіту, можливих оаз життя, і знайдемо — кожен для себе — відповіді на важливі питання.

## Формування галактик

Кожна з галактик являє собою острів зірок, зібраних разом силою гравітації. Як і наш Молочний Шлях, кожна з них є динамічною системою. Якщо ми уявно розпочнемо відлік часу назад, то перед нами постане майже така ж проблема, як і при знайомстві з зірками. Кожну галактику ми спостерігаємо фактично впродовж миті її життя. Це — як своєрідна мозаїка, яку тепер нам необхідно зібрати. З відокремлених шматочків життя різних галактик



*Формування галактики починається з протогалактичної хмари*

ми з вами повинні отримати цілісну картину, «біографію» типової галактики.

Наше розуміння еволюції галактик удосконалюється досить швидко. Перш за все ми повинні завдячувати цим сучасним телескопам, що дозволяють зазирнути назад навіть крізь час. Саме так, бо чим далі знаходиться галактика, яку ми спостерігаємо, тим глибше ми зазираємо у минуле. Коли ми фотографуємо, наприклад, галактику, що віддалена від нас на мільярд світлових років, ми бачимо її такою, якою вона була мільярд років тому.

Таким чином, просто фотографуючи різні галактики на різних відстанях від Землі, ми можемо зібрати справжній «сімейний альбом» фотографій галактик на різних етапах їхнього життя. Кожна фотографія буде зображенням якоїсь однієї галактики, проте, групуючи їх, ми зможемо відтворити зміни якогось типу галактик за віком. Зображення найвіддаленіших галактик представлятимуть галактики «в дитинстві», а фотографії найближчих — «зрілі» галактики.

Виходячи із закону Хаббла, у дуже віддалених галактик червоне зміщення спектра повинно бути настільки великим, що навіть видиме та ультрафіолетове випромінювання, випущене цими галактиками, доходить до Землі у вигляді інфрачервоного. Земні телескопи не можуть добре реєструвати таке випромінювання через те, що заважає земна атмосфера. Та й можливості орбітального телескопа імені Хаббла у цій сфері теж обмежені.

Давайте трохи пофантазуємо та спробуємо уявити собі життєпис типової галактики. Через те що сучасні телескопи не дозволяють напрямки спостерігати галактики на найперших етапах їхньої еволюції, ми повинні використати деякі теоретичні припущення, щоби змоделювати один із найцікавіших етапів — процес народження галактики.

Отже, припустімо, що водень та гелій заповнили космічний простір більш чи менш рівномірно, коли Всесвіт був ще досить молодий (скажімо, мільйон років після Великого Вибуху). Припустімо також, що ця рівномірність не була досконалою і деякі ділянки Всесвіту все ж таки мали трохи більшу густину, ніж інші.

Використовуючи ці припущення, а також закони тяжіння, уявімо собі, як ці ділянки з більшою густиною перетворилися на галактики.

Як і інша матерія, речовина в цих ділянках починала розширюватися, як розширювався й увесь Всесвіт. Однак більша густина робила це розширення повільнішим, за рахунок чого з часом розширення припинилося та перетворилося на стискання. Таким

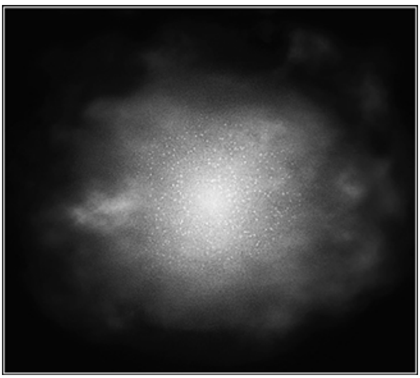
чином, близько мільярда років тому сформувалися так звані протогалактичні хмари.

З часом у протогалактичній хмарі почали формуватися протозіркові утворення. Як вважають сучасні вчені, перші зорі утворювалися в галактиках ще задовго до їх повного оформлення як зрілих об'єктів. Процеси зореутворення в активних регіонах протогалактик привели до формування сферичних галактик, у яких зірки розподілені майже рівномірно по всій кулі. Згодом сили гравітації продовжували діяти на більш віддалені від центру регіони сферичної галактики і врешті-решт створили дископодібну структуру. У галактичному гало (так називається залишок від колишньої сфери молодої галактики) припинилися процеси народження нових зірок, і їх з часом там стало значно менше.

Спостережні дані говорять на користь запропонованої нами теорії утворення та еволюції галактик. Так, на більшості фотознімків спіральні галактики мають зірки різних кольорів. У самій спіралі, проте, сконцентровано найбільшу кількість білих та блакитних зірок, тоді як більш червоні знаходяться в галактичному гало — над і під диском.

Дійсно, більш блакитними виглядають тільки дуже гарячі зірки, що не живуть довго. Тож у диску сконцентровані молоді зірки, бо там, як ми з вами побачили, продовжуються процеси зореутворення. У галактичному гало здебільшого знаходяться зірки, життя яких у найближчий час добіжить свого кінця.

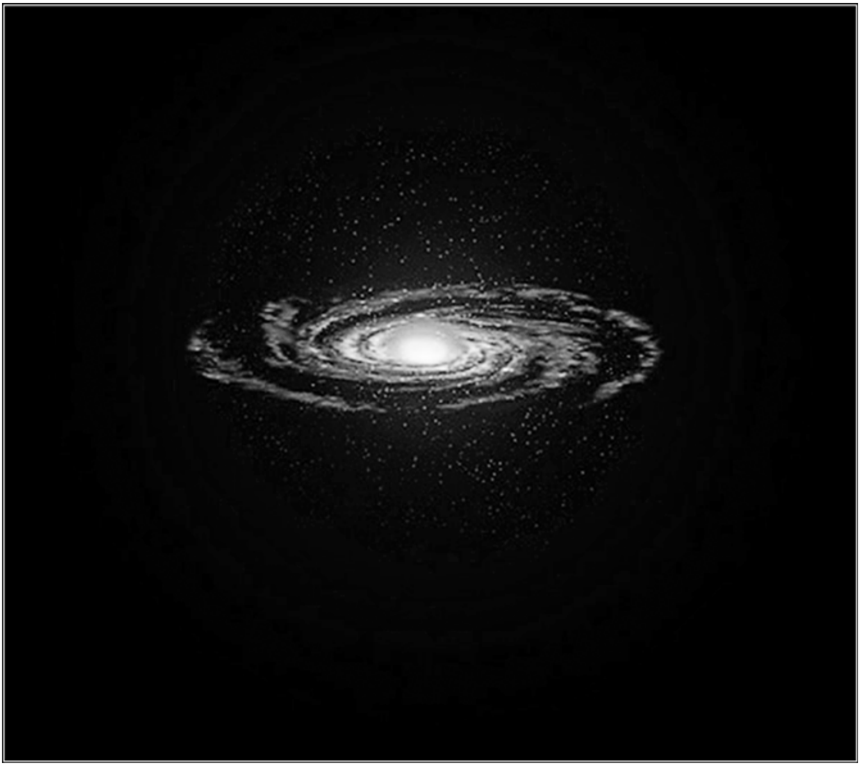
Звичайно, прогрес науки робить нас досить близькими до розуміння того, як і чому протогалактичні хмари перетворилися на галактики. Проте деякі загадки все ж залишаються. Наприклад,



*У протогалактичній хмарі народжуються протозіркові утворення*



*Згодом формується диск та гало майбутньої галактики*



*Спіральна галактика в «зрілому» віці*

спостережні дані вказують на можливість існування більш раннього покоління зірок, наприклад, у нашій Галактиці. Проте ми навіть у нас практично «вдома» не змогли відкрити жодної зірки, що була б старша за типову зорю галактичного гало.

## Чому вони різні?

Окрім видатних результатів у дослідженні еволюції галактик та віку Всесвіту, Едвіну Хабблу належить ще одна піонерська розробка — він створив першу систему класифікації галактик за типами. Як характеристику для класифікації він запропонував узяти зовнішній вигляд. Проте згодом виявилося, що зовнішній вигляд має дещо більший та глибший зміст.

Отже, за своєю класифікацією Хаббл розподілив галактики на еліптичні, спіральні та нерегулярні. Еліптичні галактики він позначив великою літерою Е з відповідною цифрою, що відображає

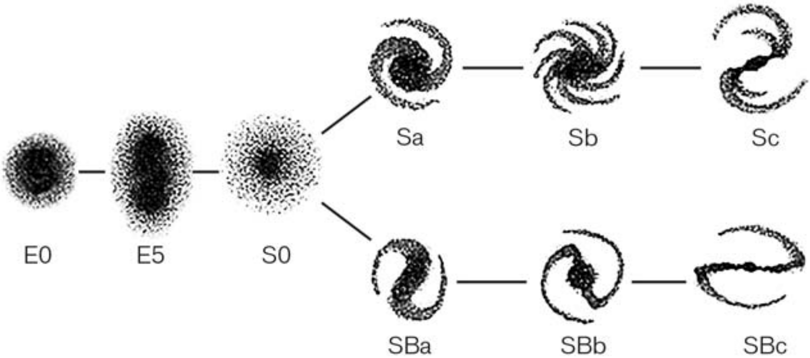



*Схема класифікації галактик за Е. Хабблом*

ступінь «плоскості» галактики. Чим більша цифра, тим більш «плоскою» нам здається галактика. Наприклад, галактика типу E0 має форму окружності, тоді як галактика типу E7 — досить сильно витягнутий еліпс.

Спіральні галактики були позначені великою літерою S. Якщо ж галактика має щось на зразок «перетинки» між рукавами спіралі, то їй присвоюють позначення SB. Далі за великими літерами йде одна маленька — a, b або c. Ця літера відображає розмір ядра та присутність газопилового диска. Від a до c розмір ядра галактики зменшується, а густина газопилового диска та його розміри зростають. Наприклад, галактика типу SBc є спіральною галактикою із «перетинкою», що має маленьке ядро та велику кількість пилу та газу в диску. Нерегулярні галактики в цій класифікації отримали позначення Irr (від англійського — *irregular*).

Спіральні галактики мають вигляд звичайних спіралей (якщо вигляд галактики в телескоп або на гарному фотознімку взагалі можна назвати звичайним!). Якщо ж вони повернуті до нас ніби «ребром», то виглядають на зразок «капелюха». Так, один із найвідоміших представників спіральних галактик такого типу — NGC 4594 (що відповідає номеру 4594 за каталогом New General Catalogue) — має назву «Сомбреро». Узагалі типовий вигляд спіральної галактики — це білуватий диск із жовтуватим ядром та темним газопиловим диском, ніби поясом.

Зазвичай спіральні галактики, як і наш Молочний Шлях, — це диски, що ніби виходять з центрального ядра. Саме ядро повільно переходить у галактичне гало, що може простягатися в просторі

на відстані більше 100 000 світлових років. Разом ядро та гало утворюють сферичний компонент галактики. Через те, що певну межу між ядром та гало уявити собі дуже важко, астрономи вважають зірки, що знаходяться на відстані 10 000 світлових років, складовими ядра, а всі інші — такими, що входять у гало. Дисковий компонент перетинає ядро в центрі та простягається у Всесвіті на відстані, що можуть перевищувати 50 000 світлових років. Диск містить, окрім зірок, певну кількість міжзоряної речовини — пилу та газу. Серед великих галактик близько 70—80% належать саме до еліптичних.

Спіральні галактики найчастіше за все спостерігаються у складі невеликих груп, що простягаються у просторі на кілька мільйонів світлових років. Лінзоподібні галактики, що є одним із різновидів спіральних (вони не мають спіральних «рукавів»), навпаки зустрічаються у складі численних галактичних скупчень, що можуть налічувати сотні галактик та простягатися на десятки мільйонів світлових років.

Головною відмінністю еліптичних галактик від сферичних є те, що їм бракує дуже помітного дискового компонента. Таким чином, вони складаються фактично тільки зі сферичної частини. Саме



*Галактика «Сомбреро» (М104) у сузір'ї Діви.*
*Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

тому еліптичні галактики іноді називають ще сферичними. На відміну від спіральних, еліптичні галактики містять велику кількість розігрітого міжзоряного газу, що робить їх надто схожими на великі газові бульбашки. Пилу та холодного газу в них дуже мало.

Еліптичні галактики, здається, більш «гостинні», ніж їхні спіральні «сестри». Так, еліптичні галактики набагато частіше зустрічаються у складі галактичних скупчень. Здебільшого саме великі еліптичні галактики стають центрами галактичних скупчень, хоча насправді їх — помітна меншість: усього біля 15% від загальної кількості великих галактик.

Невелика кількість досить значних за розмірами галактик, що спостерігаються неподалік від нашої, не підпадають під опис жодної з груп за вказаною класифікацією Хаббла. Це група так званих нерегулярних галактик. Вона включає в себе невеликі галактики на зразок Магелланових Хмар та різноманітних специфічних галактик. Нерегулярні галактики мають білуватий колір та схожі на диски спіральних галактик. Спостереження далекого космосу дали нам змогу припустити, що спіральних галактик було значно більше, коли Всесвіт був молодшим. Тобто нерегулярність галактик можна розглядати як один із етапів їхньої еволюції.

## Квазари

На відміну від більшості галактик, які є досить стабільними та спокійними угрупуваннями зірок, пилу та газу, деякі з представниць виглядають дуже активними. Це так звані галактики з активними ядрами, що вивільняють у космос величезні кількості енергії у вигляді випромінювання та тепла. Іноді вони також викидають частину своєї речовини зі швидкістю, що наближається до швидкості світла. Це так звані джети, що свідчать про потужні вибухові процеси всередині такої галактики. Найпотужніші з активних галактик мають і свою особливу назву — квазари.

Ця з першого погляду містична назва має свою історію. На початку 1960-х років XX століття молодий професор Маартен Шмідт з Каліфорнійського технологічного інституту займався зіставленням джерел радіовипромінювання з відомими астрономічними об’єктами. Здебільшого нові джерела радіосигналів видавалися звичайними нормальними галактиками. Аж ось Шмідт зіштовхнувся з таємничою несподіванкою.

Джерело радіосигналів, позначене як 3С 273 (3С відповідає Третьому Кембриджському радіокаталогу), у телескоп виглядало блакитною зіркою. Проте у своєму спектрі воно мало лінії, що не відповідали жодному з відомих на Землі хімічних елементів. Кіль-

ка місяців пройшло у спробах розкрити таємничу загадку. Після такої виснажливої роботи Шмідт дійшов цікавого висновку: у спектрі були зовсім не невідомі лінії. Це були смуги Гідрогену, проте вони були дуже сильно зміщені у червоний бік. За законом Хаббла



*Галактика з активним ядром M87. Фото: Девід Мелін, Англо-Австралійська обсерваторія*

вчений розрахував, що об'єкт 3С 273 віддаляється від нас зі швидкістю, що становила 17% від швидкості світла!

Далі Шмідт розрахував відстань від Землі до таємничого об'єкта, а потім — його світність. І ось тут на нього чекала головна, перехоплююча подих несподіванка: 3С 273 мав світність, що у 1 000 000 000 000 разів перевищувала світність Сонця! Це означало, що дивний об'єкт був потужніший за сотні галактик, подібних до Молочного Шляху!

Згодом було відкрито схожі, іноді ще віддаленіші об'єкти. Через те, що перші з них були дуже сильними джерелами радіовипромінювання, а через звичайні телескопи виглядали, наче зорі, такі об'єкти назвали «квазізоряними радіоджерелами», або скорочено — квазарами. Пізніше стало очевидним, що більшість квазарів не є потужними радіоджерелами, проте назва залишилася.

Довгі роки вчені всього світу сперечалися, чи можна взагалі пристосувати закон Хаббла до квазарів. Деякі висловлювали думку, що велике значення червоного зміщення, властиве квазарам, має якісь інші причини. Тобто, говорили вони, насправді квазари значно ближчі до нас і не є настільки потужними джерелами світла.

Нині більшість астрономів відсторонилася від подібного роду дебатів. Удосконалення телескопів дозволило зробити детальні знімки, що показують тонкощі життя квазарів. Так, виявилося, що насправді квазари знаходяться у центрах дуже віддалених галактик та надто часто опиняються членами далеких галактичних скупчень.

Астрономи докладають багато зусиль у прагненні зрозуміти,

**Явище гравітаційного лінзування було передбачено ще Альбертом Ейнштейном. Воно створює ілюзію подвійного зображення астрономічного об'єкта через те, що на шляху світла до Землі йому зустрічається дуже масивний об'єкт. Це якби ви дивилися на щось через неякісну лінзу: вона роздвоює (чи розмножує) зображення. Саме так діє на світло сильна гравітація дуже масивних об'єктів. Уперше гіпотеза Ейнштейна отримала експериментальне підтвердження у 1979 році. З того часу відкрито цілу низку гравітаційних лінз. Найсильніша з них була відкрита в середині 80-х років на обсерваторії Кітт-Пік. При спостереженні квазара, віддаленого від Землі на відстань 5 мільярдів світлових років, було зафіксовано його роздвоєння на цілих 157 кутових секунд! Це дуже багато, адже переважна більшість гравітаційних лінз приводить до роздвоєння зображень об'єктів усього на 5—10 кутових секунд. Очевидно, що причиною такого колосального ефекту гравітаційного лінзування є надмасивна чорна діра, що приблизно у 1 000 разів важча за нашу Галактику.**

що дає можливість галактикам з активними ядрами, а особливо квазарам, вивільняти таку велетенську кількість енергії у вигляді світла та тепла, особливо беручи до уваги їх досить невеликі розміри. І тільки одна можливість спадає на думку: це енергія, що утворюється в результаті поглинання великої кількості речовини надмасивними чорними дірами. Очевидно, що саме вони і лежать у центрах активних галактик.

Чи це дійсно так? Чи справді надмасивні чорні діри є причиною вражаючої активності квазарів та інших активних галактик? Повірити у сам факт існування надмасивних чорних дір (та й чорних дір узагалі!) довгий час було важко. Довести, що певний об'єкт є чорною дірою, узагалі дуже важко, бо вони не випромінюють світла. «Побачити» ці об'єкти, що так сумлінно маскуються, можна лише за непрямими ознаками. Видати присутність чорної діри може, наприклад, матерія, що обертається з великою швидкістю навколо чогось невидимого.

Такий доказ уперше було отримано у 1994 році. При спостереженні галактики M87, що є порівняно недалекою від нас, орбітальний телескоп імені Хаббла зробив детальні знімки її ядра. Виявилося, що в його спектрі лінії роздвоєні, тобто одна частина ядра весь час наближається до нас, а інша — віддаляється (подібно до спектральних подвійних зір). Це — прямий доказ того, що речовина ядра обертається навколо чогось невидимого, причому зі швидкістю в сотні кілометрів на секунду! Майже очевидно, що в центрі галактики M87 знаходиться надмасивна чорна діра з масою понад 2 мільярди мас Сонця!



*Гравітаційна лінза в галактичному скупченні Abell 2218. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

Більшість квазарів знаходиться майже на половині шляху до так званого космологічного горизонта — межі, за якою Всесвіт не існує. Тобто, вважається, що він просто не встиг туди розширитися. Найвіддаленіші ж серед відомих сучасній науці квазарів знаходяться ще далі. Світло, що приходить від них нині, було випущене, коли Всесвіт був удесятеро молодшим, ніж сьогодні.

## Вимірювання міжгалактичних відстаней

Для того щоб дізнатися про галактики більше, ніж про їхні форми та колір, ми повинні уявляти собі, наскільки далеко вони від нас знаходяться. Так чи інакше, а вимірювання відстаней у космічному просторі є одним із найважливіших завдань з-поміж тих, перед якими ми опиняємося, коли намагаємося зрозуміти галактики та Всесвіт узагалі.

Існує ціла низка можливостей, застосовуючи які ми можемо вимірювати космічні відстані. Кожного разу ми встановлюємо потрібні й максимально зручні нам стандарти. Порівнюючи з ними наші піддослідні об'єкти, ми й проводимо вимірювання. Сучасні методи дозволяють визначати відстані в космічному просторі з похибкою не більше 20%.

Пам'ятаєте залежність видимого блиску об'єкта від його абсолютного блиску та віддаленості від спостерігача? Уявімо собі таку картину. Ви бачите віддалений вуличний ліхтар. При цьому ви знаєте точно, що всі вуличні ліхтарі мають певну однакову яскравість. То тепер ви можете впевнено визначити, на якій відстані від вас знаходиться вказаний ліхтар, чи не так?

На жаль, на відміну від ламп для ліхтарів астрономічні об'єкти, а насамперед зірки, не мають маркування щодо їхньої потужності та яскравості. Проте для багатьох зірок ми можемо передбачити їхню світність, не потребуючи визначення відстані до них. Як? Дуже просто — за допомогою діаграми Герцшпрунга-Рассела. Наприклад, будь-яка зірка, що схожа на наше Сонце (тобто теж належить до спектрального класу G2), буде мати майже таку ж світність, що й Сонце. Таким чином, знаючи світність зірки та вимірявши її видимий блиск, ми зможемо оцінити відстань до неї. Звичайно, що такі оцінки будуть не дуже точними, бо жоден астрономічний об'єкт не може бути прийнятий за досконалий стандарт.

Цей метод, а також деякі складніші його похідні, може бути використаний для вимірювання відстаней у межах нашої Галактики. Проте коли ми починаємо рухатися глибше в космос, ми зіштовхуємося з проблемою: наявні в нас зоряні стандарти — зірки

головної послідовності — надто слабкі. Їх просто дуже важко надійно спостерігати на таких відстанях!

На допомогу треба закликати нові стандарти — зірки, що будуть мати більші світності. На жаль, будь-яку зірку не з головної послідовності використати не можна. Ви, мабуть, і самі добре знаєте чому. Звичайно, тому, що вони можуть виявитися надто нестабільними як для стандарту.

У цьому випадку на допомогу приходять дуже специфічні зірки — цефеїди, про які ми згадували під час знайомства зі змінними зорями. Цефеїди належать до пульсуючих змінних зірок. І вони мають корисну особливість: період коливання їхнього блиску знаходиться в дуже гарній пропорційності зі світністю цефеїди. Тобто, показуючи нам, що період зміни блиску зірки дорівнює 30 дням, вона фактично гучно кричить: «Дивіться, моя світність у 10 000 разів перевищує світність вашого Сонця!» До того ж цефеїди досить яскраві.

За цю дивовижну властивість астрономи називають цефеїди «маяками Всесвіту».

Цефеїди також відіграли дуже важливу роль і у відкритті існування інших галактик. Так, спостережні засоби початку XX століття дозволяли розрізнити зірки тільки в найближчих галактиках, а багато хто з астрономів того часу вважав Молочний Шлях фактично Всесвітом. Такого поняття, як галактика в сучасному розумінні, не існувало. Коли ж Едвін Пауелл Хаббл відкрив цефеїди у Галактиці Андромеди, він виміряв відстані до них і таким чином до самої галактики. Щоправда, його оцінки виявилися завищеними майже вдвічі, проте було ясно: ці зірки належать до іншої зоряної системи, бо відстань до них значно більша за відстань до найвіддаленіших із відомих зірок Молочного Шляху.

Таким чином, один-єдиний «удар» наукового відкриття став причиною драматичної зміни світосприйняття багатьох тисяч людей. Замість того, щоб жити у Всесвіті, який не виходив за межі нашого Молочного Шляху, ми дізналися, що живемо тільки в одній з багатьох мільярдів галактик.

## Наша Галактика

На темному небі, особливо протягом серпневих ночей, ви можете спостерігати слабку смугу світла, що перетинає небо через сузір’я Стрільця, Лебедя, Персея, Оріона та деякі інші. Ця смуга нагадувала давнім грекам молочну ріку, за що її і стали називати «молочний шлях». На початку 1600-х Галілео Галілей довів, що світло цього «молочного шляху» йде від міріад окремих зірок. Ра-

зом ці зірки утворюють щось на зразок зоряної системи, яку ми тепер називаємо галактикою (від грецького *galactos* — молоко). Нашу Галактику ми й досі називаємо Молочний Шлях. Наші предки називали її Чумацьким Шляхом, оскільки нею, як путівником, керувалися чумаки, їдучи в Крим по сіль.

Сьогодні ми знаємо, що Молочний Шлях — це досить велика галактика, що включає в себе близько 100 мільярдів зірок. Вона є лише однією з десятків мільярдів галактик у межах Всесвіту, який ми можемо спостерігати.

Якщо б ми могли подивитися на наш Молочний Шлях з боку, то побачили б, що це — досить типова спіральна галактика: плоский диск із зірок з великим сферичним центральним ядром, красивими спіральними рукавами та слабким сферичним гало. Кілька сотень кульових зоряних скупчень обертаються навколо ядра, знаходячись у гало на відстанях десятків світлових років від центру Галактики.

Через те, що наша Галактика досить велика, вона своєю гравітацією впливає на менші, що знаходяться поблизу. Так, біля Молочного Шляху обертаються дві маленькі галактики — Велика та Мала Магелланові Хмари, що знаходяться від нас на відстані близько 150 000 світлових років.

Диск Галактики заповнений міжзоряним газом та пилом. Він заважає спостереженням, що призводить іноді до цікавих непорозумінь. Так, досить довгий час астрономи вважали, що Сонце знаходиться десь неподалік від центра Галактики. І тільки наприкінці 1920-их років було доведено, що це не так. Розрахунки показали, що кульові зоряні скупчення в гало Молочного Шляху обертаються навколо точки, яка лежить за тисячі світлових років від нас. Тепер ми знаємо, що Сонце знаходиться майже на «задвірках» Галактики — за 28 000 світлових років від її центру.

Проте головна складність у вивченні нашої Галактики полягає не в тому, що в ній багато пилу. Сучасні технології дозволяють вести спостереження в таких діапазонах електромагнітного випромінювання, яким пил не заважає. Основна наша проблема в тому, що ми... всередині! Намагатися уявити собі структуру нашої Галактики з тієї позиції, в якій ми з вами мимоволі опинилися, — це майже те ж саме, що намагатися намалювати ваш бу-

**Найближче до Сонячної системи розсіяне зоряне скупчення — це відомі Гіади з сузір’я Тельця. На фоні зимового неба воно є дуже красивим об’єктом для спостережень навіть у невеличкий бінокуляр. Гіади цілком справедливо визнають одним із найдивовижніших витворів природи.**

динок, припустивши, що ви ніколи не виходили зі своєї кімнати! Так само, як вам було б значно легше намалювати сусідній будинок, що ви бачите з вікна, для астрономів зручніше вимірювати розміри та форми інших галактик, ніж дослідити нашу власну. Єдине, що ми можемо вивчати досить детально, це ті процеси, що проходять усередині Галактики. Для цього в нас є свої виняткові можливості.

Наприклад, деякі регіони Галактики можуть бути більш чи менш сприятливими для зореутворення. Звичайно,в багатих на газ ділянках народження нових світил буде проходити значно активніше. Узагалі, у нашому найближчому оточенні ми можемо помітити майже всі ті можливі процеси, з якими вже знайомі.

Наше зоряне оточення є більш активним, ніж представники галактичного гало, і може характеризувати увесь галактичний диск. У радіусі 10 пк (33 світлових років) нам відомо близько 300 зірок. Більшість з них — слабкі зорі, що належать до спектрального класу M. Деякі представники, такі як Сіріус, Вега, Альтаїр та Фомальгаут — білі молоді зорі, яскравіші за Сонце.

Хмари гарячого газу в нашій Галактиці завжди є сусідами великих зірок. Гарячі масивні зірки живуть недовго і через це не встигають надто віддалитися від того місця, де вони народилися. Таким чином, здебільшого ми знаходимо їх у скупченнях біля тих молекулярних хмар, де вони сформувалися. Ці області дуже активні, і, до речі, вони є дуже красивими об’єктами для спостереження. Напевне, найвідомішою з таких газових туманностей є Велика Туманність Оріона, що знаходиться за 1 500 світлових років від «меча» в сузір’ї Оріона.

Різноманітність оточення та велика кількість об’єктів породжує питання: а як же все це рухається? У Молочному Шляху ми можемо спостерігати майже все: від хаосу серед зірок, що утворюють галактичне гало, до впорядкованого обертання в диску Галактики. Наприклад, орбіта нашого Сонця навколо центру Галактики має радіус 28 000 світлових років. За допомогою вимірювань швидкості руху Сонця відносно кульових зоряних скупчень, ми довідалися, що наша денна зірка обертається навколо галактичного центра зі швидкістю близько 220 км/с (це близько 800 000 км/год). Проте навіть за такої швидкості Сонцю знадобиться 230 мільйонів років для того, щоб зробити один повний оберт!

Центр Галактики Молочний Шлях лежить у напрямку на сузір’я Стрільця. При спостереженні неозброєним оком ця ділянка зоряного неба не являє собою нічого надзвичайного. Проте якщо б ми змогли прибрати увесь міжзоряний пил, що заважає нам дивитися, центральне галактичне ядро постало б перед нами у всій

своїй красі і за блиском було б одним із найкрасивіших видовищ нічного неба!

***Унікальні газопилові хмари в космосі.* Наприкінці 70-х років XX століття у світовому астрономічному співтоваристві з'явилася інформація про відкриття в міжзоряному просторі гігантської газопилової хмари. Відповідно до оцінок учених, маса цієї хмари у трильйон разів перевищує масу Сонця! Це найбільша газопилова хмара, знайдена на теренах Всесвіту. А найяскравішою газопиловою хмарою в міжзоряному просторі є Велика Туманність Оріона. Маса надгарячого газу у хмарі перевищує масу Сонця у 300 разів. Розташована хмара на відстані приблизно 1 500 світлових років від Землі.**

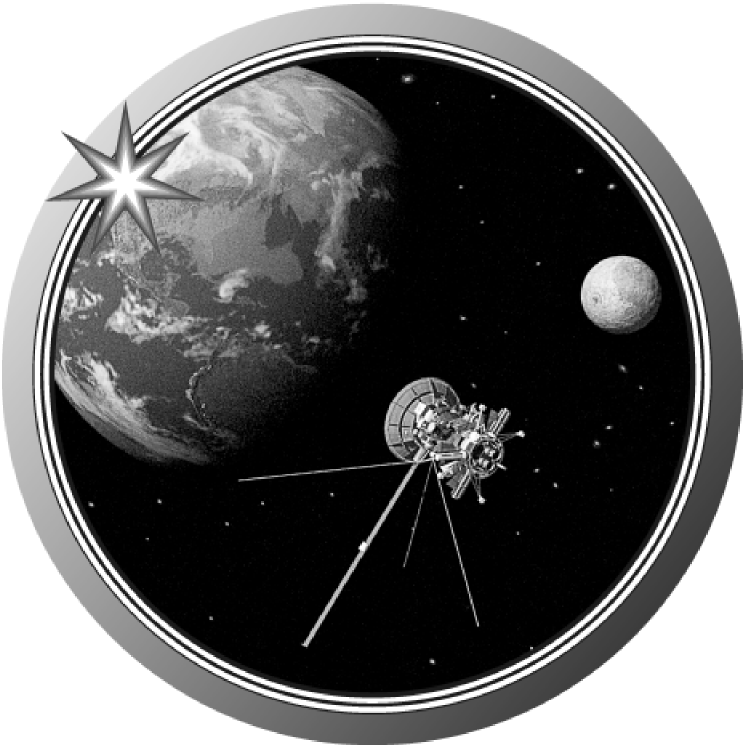
Однак напрямок на центр Молочного Шляху більш прозорий для радіо- та інфрачервоного випромінювання. Глибоко в центрі ми знаходимо хмари газу та величезне зоряне скупчення, що складається з кількох мільйонів зірок. У серці цього всього знаходиться дуже потужне джерело радіохвиль — воно має позначення Стрілець A* (скорочено Sgr A*). І треба сказати, що це джерело не схоже на жодне інше радіоджерело в нашій Галактиці.

Рух мас газу та зірок у Стрільці A* вказує нам на те, що цей об'єкт містить кілька мільйонів сонячних мас речовини в радіусі всього близько 3 світлових років! І цю величезну масу не можна пояснити ніяким зоряним скупченням. Багато хто з астрономів відтак підозрює, що в центрі джерела Стрілець A* знаходиться масивна чорна діра з масою приблизно 2,5 мільйона сонячних мас.

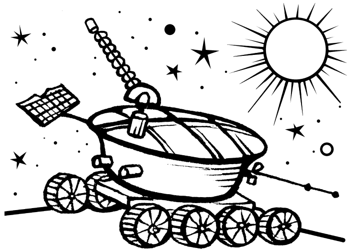
Ще кілька століть тому Молочний Шлях люди уявляли як смугу світла, що не гасне. Пізніше побачили його, як колосальне зібрання зірок. Тепер ми знаємо нашу Галактику, як складну динамічну систему. Які ще таємниці ховає для нас ця система?

# VI

# ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ



*Чи існує багато світів, чи цей світ єдиний? Ось одне з найбільш благородних та захоплюючих питань у дослідженні Природи.*
Св. Альберт Великий



Життя у Всесвіті. Ми так бажаємо його знайти, прагнучи цього вже не одне століття. Проте коли питаєш людину: «Для чого?» — найчастіше отримуєш неоднозначну відповідь. Чи просто так хочеться? Чи, може, ми сподіваємося навчитися від наших братів по розуму, як вирішити ті проблеми, з якими ми досі не впоралися: приборкати насильство, побороти хвороби і таке інше? Як ви гадаєте, для чого людство так цього прагне? А чи бажаєте цього саме ви?

Питання про життя у Всесвіті — одне з тих, на яке ми навряд чи отримаємо швидку відповідь. Бо ж це та область, де кожен із нас може вірити чи не вірити фактам, будувати свої теорії та робити свої власні висновки. Чи мріяли ви колись зустріти когось, зовсім на вас не схожого? Чи вірите ви взагалі, що позаземне життя існує? Можливо, ми єдині у цьому Всесвіті?..

## Чи ми єдині у Всесвіті?

Як ми з вами вже побачили, до цієї теми дуже легко поставити багато питань. Проте як складно буде знайти на них відповідь і як нескоро це станеться!

Чи ми єдині у Всесвіті? Питання філософське. Цим питанням цікавилися вчені та мислителі ще багато століть тому. З винайденням телескопа та введенням його до астрономічної практики кількість фактів, що підтверджували можливість існування позаземних живих істот, значно збільшилася.

Однак не тільки на планетах, як передбачали вчені ще століття тому, може існувати життя. Так, у книжці «Таємниці неба» відомого німецького астронома Йосифа Літрова (написана у 1837 році, російською вона вперше видана у 1904 році) навіть міститься параграф — «Мешканці комет».

«Наскільки нам відомо, все у природі населене живими істотами. Так, ми не можемо припустити, що комети — ці величезні небесні тіла — повністю позбавлені органічного життя. Але тому що комети за своїм зовнішнім виглядом, а відтак, мабуть, і за



***Йосиф Самуїлович Шкловський (1916—1985).*** **Відомий радянський астрофізик, популяризатор науки. Саме він уперше задумав здійснити серйозний науковий аналіз теми, що раніше далеко не всі вчені вважали науковою взагалі — існування позаземного розуму. На вирішення цієї проблеми він спрямував усі знання, накопичені сучасною фізикою, хімією, біологією та астрономією. У тій чи іншій мірі йому довелося освоїти всі ці дисципліни. Чому Всесвіт мовчить? Це питання стало драмою життя Шкловського. Він довів, що вже на нашій апаратурі ми могли би здійснити далекий космічний радіозв'язок. Якщо навкруги міріади зірок, багато з яких схожі на Сонце, то чому хоча б від деяких ми не чуємо позивних розуму? «Скоріше за все, ми самотні у Всесвіті або, принаймні, у Місцевій Групі галактик», — говорив Шкловський. Але ось парадокс: Шкловський, який вірив тільки в силу науки, своїм скептицизмом породив ціле покоління оптимістів, що сміливо взялися за пошук братів по розуму.**

внутрішньою будовою, дуже відрізняються від інших небесних тіл, то, без сумніву, повинна існувати велика різниця між тими організмами, що населяють комети, та тими, що живуть на Землі та інших планетах. Однак якими властивостями ми повинні наділити істот, що живуть на кометах?» Погляд натуралістів XIX століття ясний — усе навколо може бути населене живими істотами. Проте які це повинні бути організми? Уявімо собі, що на кометах дійсно є життя. Чи змогли б ви вирушити туди у відпустку?

Хто з нас міг би перенести ті крайні переходи від світла до темряви та від спеки до холоду, котрим піддаються комети при їх обертанні величезними орбітами? Комета 1680 року, наприклад, проходила так близько до Сонця, що спека, якій вона піддалася, у 26 000 разів перевищувала найстрашнішу спеку в нас на Землі. Та сама комета при проходженні через афелій знаходилася на такій відстані від Сонця, що лютий холод міг би навіть нашу атмосферу перетворити на тверде тіло. Яку ж організацію повинні мати живі істоти, щоб переносити такі контрасти? А раптом ці зміни їм надають таке ж задоволення, яке ми отримуємо від зміни часу доби,

пір року?.. Хто знає, може, природа, у розпорядженні якої є невичерпне багатство способів досягнення мети, наділила щось (чи когось?) можливістю жити в таких екстремальних умовах?

З одного боку, прогрес науки зробив своє: ми вже не вважаємо за можливе існування життя на кометах. Хоча саме про них мова зайшла зовсім не просто так, бо на кометах та деяких метеоритах знайдено найбільші «запаси» органічної речовини. Спектри деяких комет містять ознаки присутності там досить складних як для космосу органічних речовин. Проте питання про існування організмів, що можуть виживати у зовсім незвичних для нас умовах, залишається відкритим.

Раніше люди вважали, що все, що не піддається їхньому розумінню, неможливе. Але навіть на Землі, якщо добре пошукати, можна знайти дивовижні приклади того, як у найнепередбачуваніших місцях можна знайти життя. Прикладів багато: бактерії, що живуть у гейзерах при температурах близько 100°C, гігантські кальмари, що пристосувалися до колосального тиску та добре себе почувають на глибинах понад три кілометри. Стовп води висотою в три кілометри еквівалентний тиску в більш ніж 300 атмосфер! На такій же глибині зовсім нещодавно знайшли рибу, яка багато років вважалася вимерлою разом із... динозаврами!

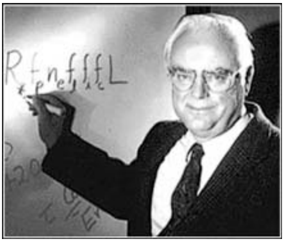
А тепер давайте перенесемося на один із галілеєвих супутників Юпітера — Європу. За сучасними даними, під крижаною корою Європи ховається величезний океан — одне з найвірогідніших місць для існування позаземного життя у нашій планетній системі. Після таких прикладів нашої рідної Землі ми аж ніяк не можемо з упевненістю сказати, що там нікого нема.

## Кількість цивілізацій та формула Дрейка

Якщо навіть на Марсі, або десь (немає значення, де) ми знайдемо найпростіші форми життя — це буде справжня наукова сенсація! Але не більше. Просто сенсація. Значно цікавіше поспілкуватися з розумною живою істотою. Недарма ж стільки часу вчені витрачають на проблеми пошуку позаземних цивілізацій!

Проте перш ніж розпочинати дискусію про можливу кількість цивілізацій та наші шанси знайти хоча б одну з них, треба домовитися, що ми будемо розуміти під цим словом. Звісно, все розпочинається з життя. Наступною сходинкою у розвитку організму стає набуття розуму. І аж тоді, на думку сучасних учених, сукупність організмів стає цивілізацією.

Отже, по-перше, цивілізація — це сукупність організмів. І по-друге — це сукупність розумних організмів, що прагнуть удосконалення свого розуму.



***Френк Д. Дрейк (нар. 1930).***
**Відомий американський астрофізик, спеціаліст з проблеми позаземних цивілізацій. З самого дитинства цікавився радіоелектронікою та мріяв про світи навколо інших зірок. У 1951 році він був присутній на лекції видатного американського астрофізика, випускника Харківського університету Отто Струве. Наприкінці лекції Струве виснував, що є ґрунтовна можливість того, що планетні системи могли сформуватися у половини зірок Галактики. Так, нарешті, Дрейк знайшов людину, що поділяла його юнацькі мрії. Після закінчення навчання за спеціальністю «радіоастрономія» у Гарварді Дрейк працював у радіоастрономічній обсерваторії Грін Бенка в Західній Вірджинії. Саме там він став свідком перших спроб пошуку штучного сигналу з зірок Тау Кита та Епсілон Ерідана. У 1961 році організував першу конференцію з проблем пошуку позаземних цивілізацій. Згодом виступив зі своїм рівнянням, тепер відомим як рівняння Дрейка. Потім, після короткого періоду досліджень в Лабораторії реактивного руху NASA, працював у Центрі радіофізики та космічних досліджень Корнелла. Нині продовжує активну наукову та викладацьку діяльність як один із провідних фахівців з проблеми пошуку позаземного життя.**

І найважливішим фактором, який на перших стадіях вивчення цього питання нам буде необхідний — це зрозуміти, при яких умовах може зародитися життя (зробимо застереження — життя у звичному для нас розумінні). Для цього на небесному тілі (учені все ж таки віддають перевагу саме планетам) повинні існувати певні фізико-хімічні умови, що дають можливість нормального протікання хімічних процесів.

Однією з таких важливих умов є температура. Відомо, що надвисокі температури значно гірші для організмів, ніж наднизькі. Так, при температурі, що наближається до абсолютного нуля, віруси та простіші можуть існувати в стані анабіозу (відсутність обміну речовин), проте вони не вмирають. Важливо також забезпечити сталість цієї температури у досить вузьких межах. Температура на планеті

дуже залежить від світності зірки та відстані, на якій планета знаходиться. Для кожної зірки існує так звана зона життя, де реалізуються оптимальні умови для його виникнення. Життя в основному шукають на сонцеподібних планетах. Це не є обов'язковим, але це повинна бути зірка головної послідовності. Якщо розглядати приклад нашої Галактики, то серед 150 мільярдів зірок тільки один мільярд має світність, що допускає виникнення та розвиток життя на їхніх планетах. Сталість температури повинна забезпечуватися майже круговою орбітою планети навколо її зірки.

Для народження та розвитку життя дуже важливою є також маса планети. Вона не повинна бути великою. Проте якщо планета буде зовсім мала, то вона не зможе утримати власну атмосферу.

Насправді природа розташовує планети за масами та віддаленням від центральної зірки зовсім не навмання. Покажемо це на прикладі нашої Сонячної системи. Планети земної групи, що утворилися не з вихідної туманності, а з пилової хмари, знаходяться ближче до Сонця. Вони складаються насамперед з важчих хімічних елементів та речовин. У той самий час на більшому віддаленні від Сонця проходила конденсація найлегших речовин — водню, гелію та деяких інших — з утворенням газових гігантів.

З цього випливає, що планети, які мають кращі умови для виникнення та розвитку життя на їхній поверхні, здебільшого розташовані на таких віддаленнях від центральної зірки, що створюють оптимальний температурний режим. У цьому і проявляється взаємозв'язок між різними фізичними чинниками на планетах певної планетної системи.

Для того, щоб хоча б приблизно підрахувати ймовірну кількість цивілізацій, що може існувати, наприклад, у нашій Галактиці, познайомимося з відомою формулою одного з піонерів пошуку братів по розуму — формулою Дрейка:

$$n = N \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot t / T,$$

де $n$ — кількість одночасно існуючих цивілізацій, $N$ — повна кількість зірок у Галактиці, $P_1$ — ймовірність того, що зірка має планетну систему, $P_2$ — ймовірність того, що на планеті є життя, $P_3$ — ймовірність того, що на планеті, де вже виникло життя, існує розумне життя, $P_4$ — ймовірність виникнення на планеті, де існує розумне життя, високого технологічного рівня, що дозволяє встановлювати контакти з іншими цивілізаціями, $t$ — період часу, за якого цивілізація знаходиться на високорозвиненому рівні, $T$ — вік Галактики.

Щоб краще зрозуміти значення та сутність цієї формули, давайте ще раз відтворимо можливий хід думок під час її створення.

Отже, для того, щоб біля певної зірки виникла цивілізація, по-перше, необхідно, щоб навколо неї оберталася хоча б одна планета. За припущенням Отто Струве, кожна друга зірка має планетну систему. Тож на одній із планет повинні бути створені фізико-хімічні умови, що зроблять виникнення життя можливим. Свого часу вчені припустили, що життя може виникнути на одній із п'яти планет (а, отже, планетних систем). Далі справедливим буде припущення, що життя, яке одного разу виникло на планеті, згодом стане розумним. Спільнота розумних організмів протягом деякого часу сформує цивілізацію, рушійною силою котрої буде прагнення прогресу в основних сферах їхньої діяльності. За допомогою цього прогресу одного дня стане можливим установлення контакту з іншими цивілізаціями. При цьому, однак, треба врахувати і бажання певної цивілізації йти на такий контакт. Можливо, за 50 років пошуків нас уже почули кілька цивілізацій — і вони настільки розумні, що не вважають за потрібне відповідати?!

Якщо ми бажаємо визначити кількість цивілізацій, які зможемо виявити, то формулу Дрейка треба буде дещо вдосконалити. Так, там повинен з'явитися ще один множник — ймовірність того, що ми використовуємо правильні параметри апаратури та належним чином проводимо пошук позаземних цивілізацій. Сучасні вчені вважають, що саме через неправильний підбір засобів пошуку ця вірогідність поки що дорівнює нулю і тому позитивного результату ми ще не отримали.

## Пошук слідів на Місяці

Початок місячної геології було покладено ще доктором Юджином Шумейкером у середині 60-х років XX століття — на зорі програми дослідження нашого природного супутника, що розроблялася NASA.

Коли розпочалися польоти з висадкою на Місяць за американською програмою «Аполлон», у пресі з'являлося декілька свідоцтв про нібито зустріч земних космічних кораблів із позапланетними формами життя. Проте все це перевірити неможливо, тому немає сенсу приймати це за факти, що дійсно мали місце.

Треба відзначити, що Місяць і в давні часи привертав увагу спостерігачів дивними подіями. Аматори та професіонали відзначали потемніння або прояснювання ділянок місячної поверхні, зміну їхнього кольору, були також свідчення про зореподібні спалахи (причому досить яскраві!) на поверхні нашого супутника. Усі ці події загалом потім отримали назву «короткотривалі місячні явища» — скорочено КМЯ. Одним із найвідоміших КМЯ було,

мабуть, свідчення про виверження в кратері Аристарх за даними фотознімків однієї з експедицій серії «Аполлон».

На сьогодні принаймні зореподібні спалахи на місяці й поверхні вже, здається, вдалося пояснити. Найбільш вірогідно, що вони мають метеоритну природу. Неважко зрозуміти, що не тільки на Землі можливе випадіння метеорита. Через те, що Місяць не має атмосфери, навіть маленькі частинки метеорної речовини можуть досягти його поверхні та спровокувати вибухи різної сили. Від розмірів частинки й залежатиме, наскільки яскравим буде вибуховий спалах. Можливо, що «виверження» — кольорові зміни — теж спричинені метеоритними процесами на поверхні Місяця.

Що ж до місячної археології, то, здавалося б, питання в буквальному смислі лежало на поверхні досить тривалий час. Адже якщо і збирався хтось колись спостерігати за розвитком життя та цивілізації на Землі, то зручніше за все це було б зробити саме з поверхні Місяця! До того ж, якщо на Землі майже всі можливі сліди такого спостереження (або навіть можливого втручання), напевно, були б знищені природними катаклізмами та діяльністю самих людей, то Місяць довгі століття залишався недоторканим. Там немає активних тектонічних процесів, немає води та атмосфери, немає там і людей. Отже, все, що там знаходиться, може зберігатися протягом досить тривалого часу в первинному вигляді!

Саме цю ідею було покладено в основу формування місячної археології як самостійної окремої науки. Проте ми поки що неспроможні забезпечити відправку археологічних партій на місячну поверхню. Таким чином, учені змушені зосередити свою увагу на детальному вивченні зображень Місяця, що можуть приховувати сліди присутності там позаземних цивілізацій.

На сьогоднішній день найдетальніший фотоатлас Місяця створений за даними камер автоматичних станцій «Клементина» та «Клементина-2», які працювали на місячній орбіті наприкінці 90-х років XX століття. Якщо автомобіль на знімках у цьому фотоатласі розрізнити навряд чи вдасться, то певні будівельні споруди можна було б виявити досить упевнено, адже масштаб атласу сягає 9 метрів в одному пікселі зображення! Повна версія атласу займає більше 60 компакт-дисків.

Звичайно, це — дуже великий обсяг інформації, і ніякої мови про об’єктивну обробку такої кількості зображень вручну не може й бути. Проте «штучний інтелект» напевне ще не досяг таких можливостей, щоб зуміти впевнено відрізняти природні формування складної форми від утворень, що мають штучне походження та пов’язані з існуванням позапланетних цивілізацій.

Дуже цікавий у цьому плані експеримент було проведено в Харкові. Спеціалістами Радіоастрономічного інституту НАН України було створено програму, яку навчили відрізняти штучні об'єкти від природних за комплексом геометричних та інших параметрів. Для того, щоб протестувати цю програму, було відібрано кілька характерних рукотворних об'єктів земної поверхні (Панамський канал, піраміди плато Гіза тощо). Далі зображення цих об'єктів було приведено до рівня якості, що відповідав би якості зображення отриманого за допомогою камер апарата «Клементина-2», та до відповідного масштабу. Після цих операцій зображення було вмонтоване на знімки місячного ландшафту з фотоатласу, який планувалося піддати обробці, та «розбавлено» кількома сотнями оригінальних зображень, що не зазнали жодних змін. Програма «впізнала» всі штучні об'єкти, а також змогла виділити кілька «підозрілих» об'єктів на оригінальних знімках.

Отже, ми бачимо, що археологічні пошуки на Місяці мають глибокий логічний сенс та ведуться нині за допомогою дистанційних засобів. Проте коли буде прийняте рішення повернутися на Місяць та продовжити дослідження на місці, можливо, людство отримає нові цікаві результати. Поки що увага світової наукової спільноти прикута до іншої планети Сонячної системи, котру ретельно досліджують одразу декілька автоматичних станцій.

## Що ж нарешті з Марсом?

Марс, напевне — найпопулярніше (разом з Місяцем) місце, де оселили стільки «зелененьких чоловічків», що густота їхнього населення швидко б перевищила всі розумні норми! Це, звичайно, жарт, але проблема існування (у минулому та й за теперішніх часів) життя на поверхні та у надрах Червоної планети вже більш ніж десять років є актуальною глибоко науковою проблемою.

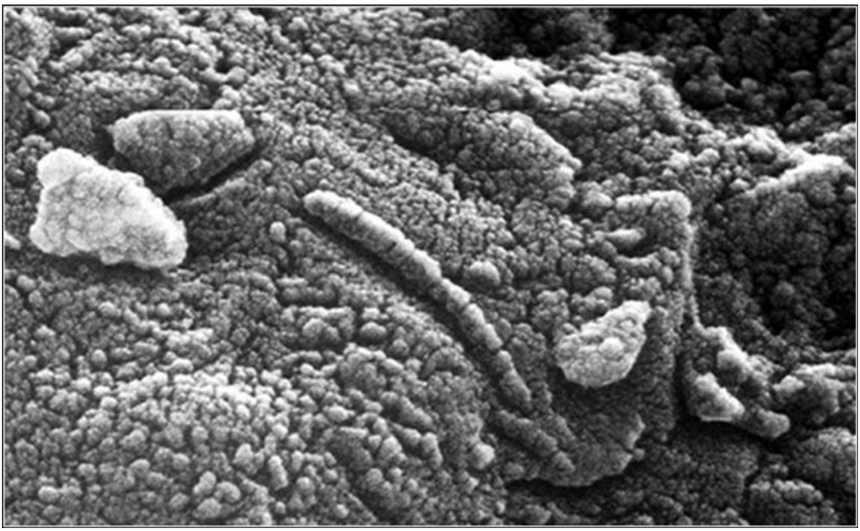
В принципі, це не так вже важко зрозуміти. Пригадайте, що Марс за всіма своїми ключовими характеристиками дуже подібний до Землі. Хоча він і менший за нашу рідну планету майже вдвічі, але багато фактів говорить про їхню близьку «спорідненість». Це й нахил осі власного обертання (25° для Марса і 23,5° для Землі), і майже однакова тривалість доби. Щоправда, за рахунок цього рік на Марсі майже вдвічі довший за земний. Нарешті, Марс має атмосферу. Однак вона дуже розріджена і складається здебільшого з вуглекислого газу, що не підтримує процесів життєдіяльності.

Уперше з наукової точки зору про можливість життя на Марсі заговорили в XIX столітті, коли італійський астроном Джованні

Скіапареллі твердив, що бачив на Марсі систему «каналів» та «сади», які змінюються разом зі зміною сезонів. Ще за 100 років до того видатний англійський телескопобудівник Вільям Гершель систематично спостерігав за зміною зими та літа на Марсі, що супроводжувалася зміною розмірів полярних шапок на полюсах планети.

Другу хвилю дебатів щодо існування життя на Марсі сколихнула звістка про відкриття в Антарктиці дивної знахідки. За даними аналізу, проведеного вченими-геологами, знайдений там у 1984 році камінь є ніщо інше як... марсіанський метеорит! Він був вибитий з поверхні Марса десь близько 16 мільйонів років тому і після тривалої подорожі просторами планетарної Сонячної системи дивним збігом обставин опинився на земній поверхні. Сталося це приблизно 13 000 років тому. Вік метеорита оцінюють приблизно в 4,5 мільярда років. Це приблизно ті самі часи, коли Марс щойно сформувався як планета. Таким чином, цей камінь міг бути свідком того періоду, протягом якого Марс був значно теплішим та вологішим.

Мікроскопічний аналіз «марсіанського каменя» виявляє непрямі докази того, що в минулому на Марсі таки могло існувати життя. Так, на фрагментах каменя присутні прошарки карбона-



*Фрагмент «марсіанського метеорита», що був знайдений в Антарктиці. У центрі — утворення, схоже на скам'янілі простіші організми в земних зразках. Фото: NASA*



*Таємниче «обличчя» на поверхні Марса — гора цікавої форми, що при певному освітленні нагадує людське обличчя. Фото: NASA*

тів та досить складних органічних молекул. Обидва факти зазвичай асоціюють зі слідами присутності життя, коли їх знаходять на Землі. Однак ще більше інтриги додали фотографії, отримані із досить великим збільшенням. На них чітко видно структури, дуже подібні за формою до земних бактерій, проте вони приблизно в сто разів менші за земні аналоги. Учені висловлюють думку про те, що це можуть бути сліди якихось організмів, схожих на віруси, або нещодавно відкриті так звані «нанобактерії». Було знайдено ще кілька особливостей, характерних тільки для органічного походження. Проте досить багато вчених не згодні з цими доказами, говорячи про можливість простішого та суто неорганічного пояснення наявних фактів. Хто має рацію — покаже час та детальніші дослідження.

Сучасні дослідження поверхні Марса, що активно проводяться NASA та Європейським космічним агентством за допомогою міжпланетних автоматичних станцій, поки що дають суперечливі результати. Досить згадати тільки, що декілька апаратів було втра-

чено через несподівані неполадки. Останні дані, що були отримані за допомогою марсіанського зонда «Спіріт», теж стали приводом для скандальних сенсацій. Так, деякі провідні фотографи та журналісти заявили, що NASA навмисне застосовує корекцію та монтаж до оригінальних знімків, перш ніж надати їх широкому загалу. Вони твердять, що насправді Марс зеленіший, ніж ми бачимо його на знімках.

За останніми даними в атмосфері Червоної планети було знайдено слідові кількості метану, що також може свідчити про наявність на планеті життя. Так, основними джерелами метану на Землі є вулканічна активність та діяльність живих організмів. Про існування активних вулканічних процесів на поверхні Марса вченим на цей час нічого не відомо.

Поки йдуть суперечки щодо достовірності цих знімків, основна мета апаратів, що літали та ще полетять до Червоної планети, — знайти ознаки теперішньої (або хоча б колишньої) присутності рідкої води на поверхні планети. Непогано було б також знайти бодай «уламки» життя — фрагменти органічних молекул ДНК чи подібних.

Узагалі вчені-планетологи вважають, що кілька мільярдів років тому Марс мав дещо інший вигляд. Його клімат був теплішим, а атмосфера мала більшу густину. Цілком можливо, що на ньому могла бути присутня також рідка вода. І, мабуть, недарма філософи від науки охрестили Марс планетою минулого життя.

## Проект SETI

Із назвою цього проекту пов'язана історія досить цікавого збігу. Коли проект тільки починався, його метою було знайти та випробувати засоби зв'язку з позаземними цивілізаціями. Тоді він називався CETI (від англійського Communication with Extra-Terrestrial Intelligence — зв'язок з позаземним розумом). Цікаво, що першою зіркою, з якою було зроблено спробу встановлення зв'язку, стала зірка Тау Кита, що латиною (як це прийнято в міжнародних позначеннях) мала назву Tau Ceti. Тож назва самого проекту співпала з назвою сузір'я.

Навіть найближчі планетні системи знаходяться досить далеко. Людство ще не має навіть надійних засобів для міжпланетних мандрівок. Більш того, ми не змогли б вирушити бодай до найближчої з таких систем. І перша проблема, що постала б перед нами, — це займає надто багато часу. Ми не можемо подорожувати в просторі зі швидкістю світла, навіть поки що наблизитись до неї! Проте ми можемо посилати інформацію зі швидкістю світла!

Таким чином, почалося все з пропозиції спробувати встановити контакт з позаземною цивілізацією.

Трохи пізніше проект трансформувався в цілеспрямований пошук позаземних цивілізацій. Звісно, його перейменували у SETI (від англійського Search for Extra-Terrestrial Intelligence — пошук позаземного розуму). Найбільшу увагу вчені, які працюють за цим проектом, приділяють сонцеподібним зіркам, що розташовані якнайближче до нашої планетної системи. Активні пошуки також ведуться в теоретичному плані. Адже ми можемо лише сподіватися, що ті частоти та діапазони, які використовуємо для сканування, з таким самим успіхом використовують і позаземні цивілізовані радіоастрономи.

Як і у випадку складання текстів послання до позаземних цивілізацій, людство підійшло до підбору хвиль для зв'язку та сканування дуже серйозно. Як ви, мабуть, знаєте, для характеристики життя на нашій планеті в посланнях на борту орбітальних станцій часто використовували природні звуки, символи та навіть запахи. Вчені вирішили аналогічно підійти й до вибору відповідних частот для пошуку позаземних цивілізацій. Було зроблено припущення, що зв'язок може стати реальним на одній із природних частот. Логічно припустити, що саме таку частоту обрали б інопланетні радіоастрономи!

Яка ж частота могла б служити відправною точкою? Напевне, найбільш природною можна собі уявити частоту Гідрогену — найрозповсюдженішого елементу у Всесвіті. Таким чином, найбільш поширеним діапазоном для пошуків позаземних цивілізацій протягом декількох десятиліть є довжина хвилі в 21 сантиметр.

Вибір об'єктів для сканування теж не є випадковим. Чим віддаленіший об'єкт, тим, відповідно, довше нам доведеться чекати на відповідь, навіть якщо вона і надійде. Тому спочатку логічно було б обстежити найближчі сонцеподібні зорі, на яких, на думку вчених, найбільш ймовірне виникнення життя (питання спірне, але люди завжди звикли шукати щось подібне до того, що вони вже одного разу бачили!).

Трохи пізніше до «прослуховування» Всесвіту приєдналися більші телескопи. Тепер у рамках проекту SETI, зокрема, працює найбільший у світі радіотелескоп із суцільною тарілкою, що розташований у радіообсерваторії Аресібо, що в Пуерто-Рико. Телескоп розташований у кратері згаслого вулкана та має діаметр тарілки 300 метрів. Згодом зусилля світового співтовариства привели до утворення наукового закладу, що має назву Інститут SETI. До 1993 року інститут частково фінансувався NASA, потім він пере-

йшов на спонсорську підтримку і став цілком приватною науковою структурою.

Тепер триває робота з розширення наукової та технічної бази проекту. До спостережень підключаються нові телескопи, «прослуховувати» Всесвіт починають на інших довжинах хвилі. Сканують уже досить віддалені зоряні скупчення з надією на те, що хоча б одна з мільйонів зірок, які входять до кожного з них, подасть ознаки присутності там розумного цивілізованого життя. Проте тут постає ще одна проблема: ці скупчення інколи знаходяться на такому віддаленні, що за роки, потрібні для зв'язку, цивілізація, якщо вона там існувала, могла б і завершити своє життя!

Дуже велику роль у впровадженні в життя проекту SETI останнім часом відіграють аматори астрономії всього світу. Звичайно, ми не маємо змоги конкурувати з професіоналами щодо розмірів телескопів, які вони застосовують для сканування Всесвіту. Проте потік даних, що потребує обробки та розшифрування, зростає досить великими темпами. Тож, застосовуючи всесвітню мережу Інтернет, спеціалісти Інституту SETI започаткували міжнародну про-



*Радіотелескоп в Аресібо, Пуерто-Рико, за допомогою якого вже більше десятиліття ведеться «прослуховування» Всесвіту*



*Радіопередавач РТ-70, з якого було відправлено дитяче послання до позаземних цивілізацій*

граму SETI@Home (SETI вдома). Суть програми полягає в тому, що кожен аматор астрономії може за допомогою Інтернету отримувати на свій домашній комп'ютер порції даних із одного з радіотелескопів, що веде спостереження за програмою проекту SETI. Попередньо на комп'ютер безкоштовно встановлюється спеціальне програмне забезпечення. Результати обробки комп'ютерна програма відсилає назад до Інституту SETI. Таким чином, кожен має змогу увічнити своє ім'я як людини, що вперше зареєструвала позаземний штучний радіосигнал!

Проте в гонитві за сенсацією людство не приділяє уваги одній важливій проблемі, яка супроводжує активні пошуки: а що нам робити, якщо колись ми таки знайдемо? Серйозних наукових досліджень у цьому напрямку не ведеться.

## Дитяче послання до позаземних цивілізацій

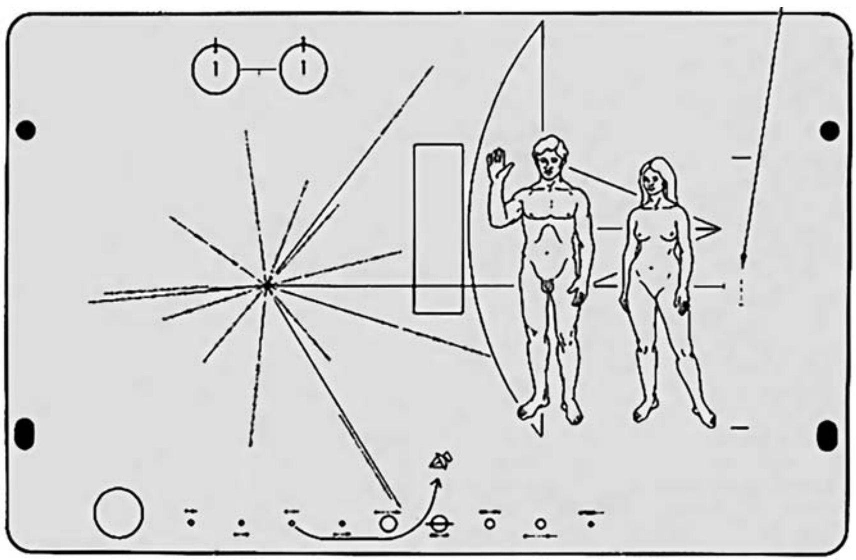
Наприкінці серпня 2001 року сталася дуже важлива, можна навіть сказати, епохальна подія. Справді, вона цілком заслуговує на занесення до Книги рекордів Гіннесса! Вперше в світі як результат співробітництва російських та українських професійних астрономів та аматорів було відправлено дитяче послання до по-

заземних цивілізацій. Сталося це в Національному центрі управління та випробувань космічних систем, що поблизу Євпаторії. Саме там розташований найбільший в СНД планетний радіолокатор — повноповоротна антена діаметром 70 метрів!

Через те, що проект зв'язку з позаземними цивілізаціями досить швидко перетворився на цілеспрямовану програму їхнього пошуку, за всю історію людства до зірок було відправлено лише три подібних послання.

Перше послання, яке було відправлене в напрямку кульового зоряного скупчення М13 у сузір'ї Геркулеса за ініціативи Френка Дрейка, залишило нашу планету з тарілки радіотелескопа в Аресібо, Пуерто-Рико. У закодованому вигляді воно містило числа, деякі відомості з Періодичного закону та системи елементів Д. І. Менделєєва, схему молекули ДНК, фігуру людини, схематичні зображення Сонячної системи та радіотелескопа.

Друге послання, розроблене також у США, було відправлено з України в 1999 році. Точкою їхнього призначення були чотири зірки, схожі на наше Сонце. Послання містило відомості з астрономії, космології, географії, біології, а також схематичне зображення та характеристики приладу, за допомогою якого воно було



*Дошка, що прикріплена до борту космічного апарата «Піонер», який покинув планетарну Сонячну систему і прямує у міжзоряний простір. На дошці — послання до позаземних цивілізацій*

відправлено. На додаток у посланні містилося запрошення позаземним радіоастрономам відповісти землянам.

І ось у 2001 році було відправлено третє послання. У ролі адресатів для відправки сигналу було обрано шість зірок із сузір'їв Великої Ведмедиці, Близнят, Гідри, Діви, Дельфіна та Дракона. Усі вони є дуже схожими на наше Сонце та знаходяться від нас на відстані від 46 до 68 світлових років.

Кожне послання містило 15 хвилин зондуючого сигналу, після якого увазі іноземних слухачів пропонували 7 уривків музичних творів, цифрове зображення емблеми послання з її детальним описом та невеличке привітання російською та англійською мовами. Діти також створили словник понять та образів, що, на їхній погляд, найбільш повно відображає їхні власні цінності та сутність сучасної земної цивілізації взагалі.

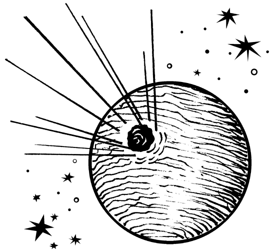
Проте навіть якщо хоча б на одній з цих зірок справді є цивілізація, що забажає нам відповісти, можна тільки сподіватися, що діти-автори послання зможуть стати свідками прийому відповіді. Адже для того, щоб наше послання досягло найближчої з цих зірок — зорі HD 95128 із сузір'я Великої Ведмедиці, знадобиться майже 48 років. Принаймні стільки ж доведеться чекати на відповідь. У цілому виходить майже 100 років!

# VII

# КОСМІЧНІ КАТАСТРОФИ

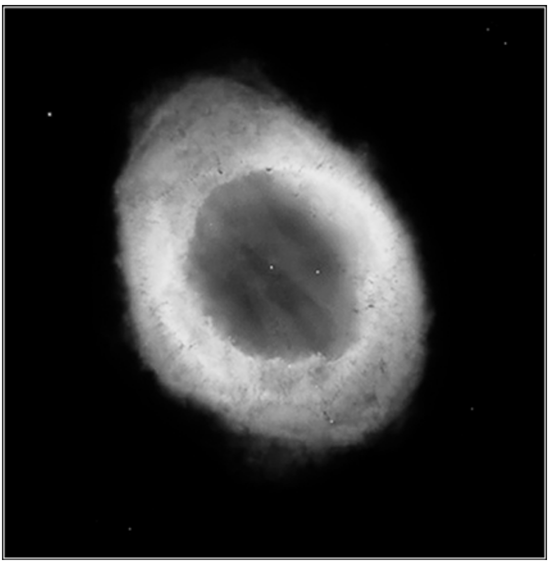


*І він зібрав їх на місце, що називається єврейською Армагеддон. Сьомий Ангел вилив чашу свою на повітря: і з храму небесного від престолу почули гучний голос, що казав: сталося! І були блискавки, грім та голоси, і зробився великий землетрус, яких не було відтоді, відколи люди на землі...*
Одкр. 16:16-18



Як і весь Всесвіт, так і життя, і Земля у сучасному її вигляді народилися внаслідок великих катастроф. Наше існування як домінуючого виду живих істот теж стало можливим завдяки великій катастрофі, що сталася близько 65 мільйонів років тому. Чому? А ви уявіть собі, якщо б динозаври не вимерли. Можливо, ми би просто були ланкою в їх харчовому ланцюзі і не більше?

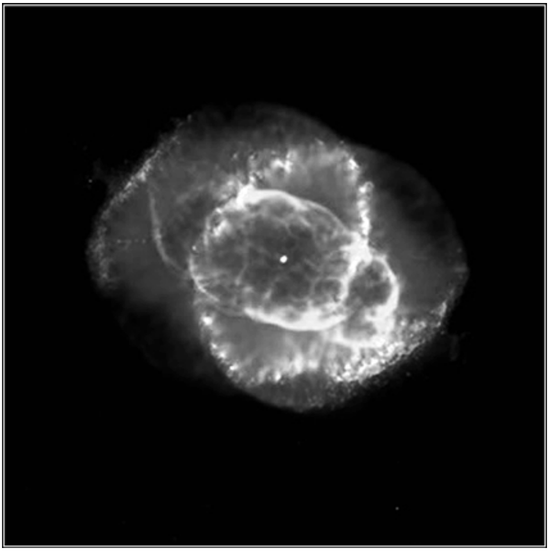
То чому ж ми приділяємо стільки уваги катастрофам, іноді просто вигадуємо їх на порожньому місці?! Згадайте, скільки разів пророкували кінець світу за ваш вік! Напевне, уже не з цікавості, а тому, що завершити своє існування ми також можемо внаслідок однієї з імовірних космічних катастроф. Тож познайомимося з найцікавішими та найдраматичнішими подіями, що відбуваються на теренах Всесвіту. Адже недарма кажуть: страх породжується незнанням.



*Планетарна туманність M57 «Кільце» у сузір'ї Ліри. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

## Вибухи Нових та Наднових

Як ми з вами вже знаємо, у житті кожної зірки настає такий драматичний момент, коли паливо в її надрах добігає свого кінця і вона стає неспроможною опиратися гравітаційному стисненню. Закінчується її існування колапсом — швидким зменшенням розміру, що супрово-



*Планетарна туманність NGC 6543 «Котяче око» — залишок від маломасивної зірки. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

джується деякими побічними процесами. Для маломасивних зірок цей колапс не набуває якихось вагомих катастрофічних наслідків — вона просто стискається, з часом охолоджується і закінчує своє життя білим карликом або нейтронною зорею.

Що ж до зірок, маса яких перевищує 3—5 мас Сонця, то фінальний етап їхньої еволюції, як правило, драматичніший. Особливо це виражено для зірок з масою понад 10 мас Сонця. Ці зірки-діаманти живуть не так довго (звичайно, за космічними уявленнями). Проте протягом свого життя вони дарують нам своє світло і прикрашають наше небо!

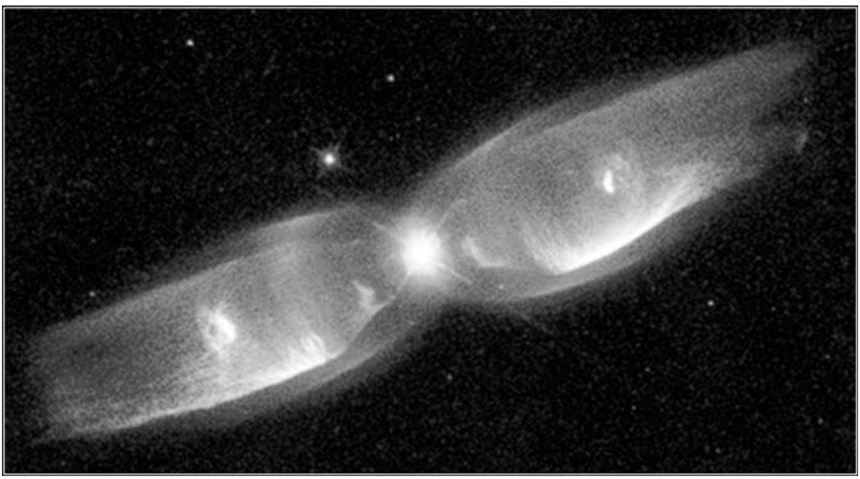
Як ми вже знаємо, наприкінці свого існування масивні зорі мають у своєму складі такі важкі метали, як, наприклад, залізо. Це стає можливим завдяки винятково високій температурі та інтенсивності ядерних процесів, що відбуваються у надрах таких зір. Отже, залізне ядро, що формувалося століттями, має масу приблизно таку ж, як маса нашого Сонця, і розмір майже як наша Земля. Але настає такий момент, коли навіть це ядро стає неспроможним опиратися силам гравітації. Електрони починають взаємодіяти з протонами і формують нейтрони. Масивне залізне ядро вмить (за долі секунди!) стискається до діаметру всього-на-всього кілька кілометрів та стає просто кулею з нейтронів.

Протягом цього гравітаційного колапсу виділяється неймовірна кількість енергії — у сотні разів більше, ніж дасть Сонце протягом усього свого життя за 10 мільярдів років! Куди йде вся ця енергія? Вона направляється у Всесвіт у вигляді світла та потужної вибухової хвилі. Це — вибух Наднової зірки. Якщо цей процес проходить менш масштабно, то зорю, що вибухнула, називають Новою, проте ця класифікація не дуже сувора.

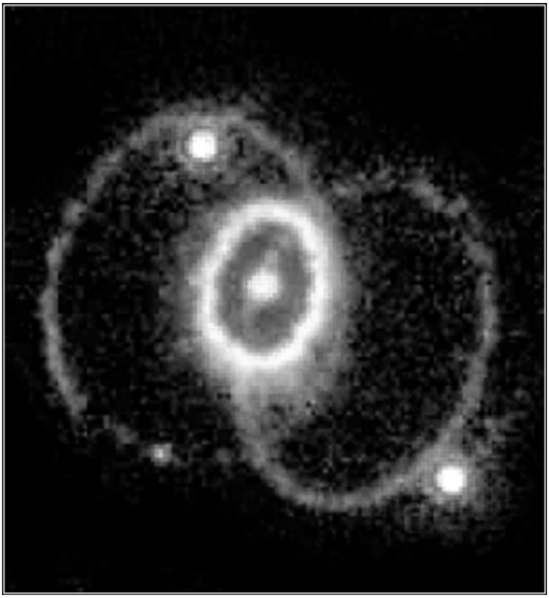
Новими та Надновими ці зорі називають за традицією, що склалася історично. Справа в тому, що в результаті такого вибуху блиск зорі зростає у декілька сотень разів та вона стає яскравішою на кілька (або десять і більше) зоряних величин. Наприклад, якщо Бетельгейзе — яскрава зірка у сузір'ї Оріона, — вибухне як Наднова, то на іншому небі вона буде більш ніж у 10 разів яскравішою за повний Місяць! Тож на небі спостерігачі просто бачать «нову» зірку, якої раніше на цьому місці не було. Часто на місці Нових та Наднових за декілька місяців чи років до вибуху навіть на потужних фотографіях не знаходять нічого, окрім дуже слабких зір.

Є ще одна цікава деталь, яка вказує на велику енергію, що вивільняється у момент вибуху Нової або Наднової, а також надає нам можливість для їх подальшого вивчення. Справа в тому, що в момент вибуху колапсує тільки ядро (з утворенням нейтронної зірки). Проте верхні шари колишньої зірки зі страшною силою викидає ударною хвилею, і вони розповсюджуються навколо зорі, формуючи так звані планетарні туманності, — дуже красиві для спостереження об'єкти.

Одним із найвідоміших залишків вибуху Наднової є Крабоподібна туманність, що знаходиться у сузір'ї Тельця. Ця туманність розширюється у просторі та має нейтронну зірку в центрі, що підтверджує її походження. Якщо відрахувати розширення Крабоподібної туманності назад, то ми отримаємо приблизну дату вибуху Наднової — близько 1100 року н. е.



*Планетарна туманність M2-9 із подвійним викидом речовини. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*



*Кільця у залишку від Наднової SN1987A. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

**Найяскравішою Надновою була зірка в сузір'ї Вовка, яку спостерігали у 1006 році н.е. На основі багатьох свідчень та записів спостережень, які збереглися, можна зробити висновок, що Наднова мала видиму зоряну величину близько –10$^m$, що можна порівняти із зоряною величиною Місяця. Положення цієї Наднової ідентифіковано за відомим залишком — об'єктом за номером PKS 1459-41, що випромінює електромагнітні хвилі у радіо- та рентгенівському діапазонах. Відстань до Наднової оцінюється у 3260 світлових років. У момент максимальної яскравості усі Наднові досягають приблизно рівних абсолютних зоряних величин, проте їхня видима яскравість залежить від відстані та кількості газу і пилу на шляху до спостерігача. Наступною за яскравістю була Наднова 1054 року, в результаті вибуху якої з'явилася Крабоподібна туманність у сузір'ї Тельця. Її видима зоряна величина у максимумі блиску досягла –5$^m$.**

Історичні записи династії Сунг у Китаї містять цікаве свідчення: «У перший рік періоду Чі-хо, п'ятий Місяць, у день хі-чоу, зоря-гостя з'явилася приблизно у декількох [градусах — прим. за цитатою] у південно-східному напрямку від Тьєн-куана. Більш ніж рік потому вона поступово стала невидимою». Цей опис несподіваної появи та поступового зникнення «зірки-гості» дає нам підстави підозрювати опис спостереження вибуху Наднової. До того ж положення «у південно-східному напрямку від Тьєн-куана» відповідає положенню Крабоподібної туманності у Тельці. Понад те, дата за китайським календарем свідчить, що зазначена подія мала місце 4 липня 1054 року, тобто точно вказує нам на те, коли Наднова Краба стала спостерігатися з Землі. Описи цієї Наднової з'являються також у японських, арабських та давньоамериканських джерелах. Цікаво, що європейці ніяк не засвідчили цю подію.

З давніх часів описані декілька спостережень Наднових, зокрема у 1006, 1054, 1572 та у 1604 роках. Усі вони відбулися у нашій Галактиці. Так, вибух Наднової 1572 року спостерігав відомий астроном Тіхо Браге, а в 1604 році свідком космічної катастрофи став Йоган Кеплер. З 1604 року в нашій Галактиці вибухів Нових та Наднових більше не зареєстровано. Проте з удосконаленням техніки та спостережного інструментарію, доступнішими стають спостереження Нових та Наднових, що відбуваються в інших галактиках. Так, яскравою подією стало спостереження спалаху Наднової SN1987A у Великій Магеллановій Хмарі, галактиці-супутнику Молочного Шляху.

Останніми роками відкриття та спостереження Нових та Наднових в інших галактиках, навіть і не зовсім сусідніх, стає дедалі звичайнішою справою. Щороку їх відкривають кілька десятків. Проте чи може це мати катастрофічні наслідки для Землі? Хіба що Наднова спалахне зовсім близько, але таких зірок серед сусідів Сонця просто немає.



*Панорама району вибуху Наднової SN1987A.*
*Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

## Загибель Сонця

Якщо продовжувати тему катаклізмів, пов'язаних із життям та смертю зірок, то давайте придивимося трохи ближче: а чи не може наша власна зірка піднести нам не надто приємний сюрприз?

Припустімо, що це все ж таки станеться. Що буде вказувати на наближення кінця нашої цивілізації? Перш за все дедалі зростаюча нестабільність Сонця. Сонячна активність перестане піддаватися періодичним змінам, розпочнуться пульсації, активізуються процеси в конвективній зоні Сонця. Спостережені факти будуть указувати на те, що Сонце от-от розпочне свій останній шлях. Ним воно зійде з головної послідовності та повільно перетвориться на червоного гіганта. Треба, однак, зазначити, що навіть цей процес тривав би близько мільярда років, так що навряд чи нам є про що хвилюватися саме тепер.

Коли Сонце стане червоним гігантом, його діаметр перевищить діаметр орбіти Юпітера. Тобто повільно, крок за кроком, зірка поглине всі планети, включаючи Юпітер. Що ж до Сатурна (а мабуть, і Урана), то вони випаруються від випромінювання величезного світила.

Проте, знову ж таки, нам нема про що хвилюватися: ми до цього все одно не доживемо. В процесі зростання Сонце розпочне віддавати своє останнє тепло такими порціями, що спопелить усе живе на Землі задовго до того, як поглине нашу планету. Вона стане просто непридатною для життя.

Здавалося б, факти, на яких дуже полюбляють грати сучасні журналісти, говорять самі за себе. Потепління клімату, підвищена активність Сонця, кінця якої, здавалося б, узагалі не буде. На додачу до всього було відкрито пульсації нашого денного світила. Що робити: готуватися до чергового «кінця світу»?

Ні в якому разі! Неважко розсудити, що всі ці факти не є достатніми для того, щоби стверджувати, що Сонце готується зійти з головної послідовності. Сонце — це зірка посередньої маси, що знаходиться на головній послідовності діаграми Герцшпрунга-Рассела вже понад 5 мільярдів років. І, судячи з сучасних уявлень про період життя зірок на головній послідовності, тобто у стані гравітаційної рівноваги, пробуде там щонайменш ще 5 мільярдів років. Аж потім розпочнуться процеси, що становитимуть певну загрозу для нашої цивілізації.

## Чорні діри

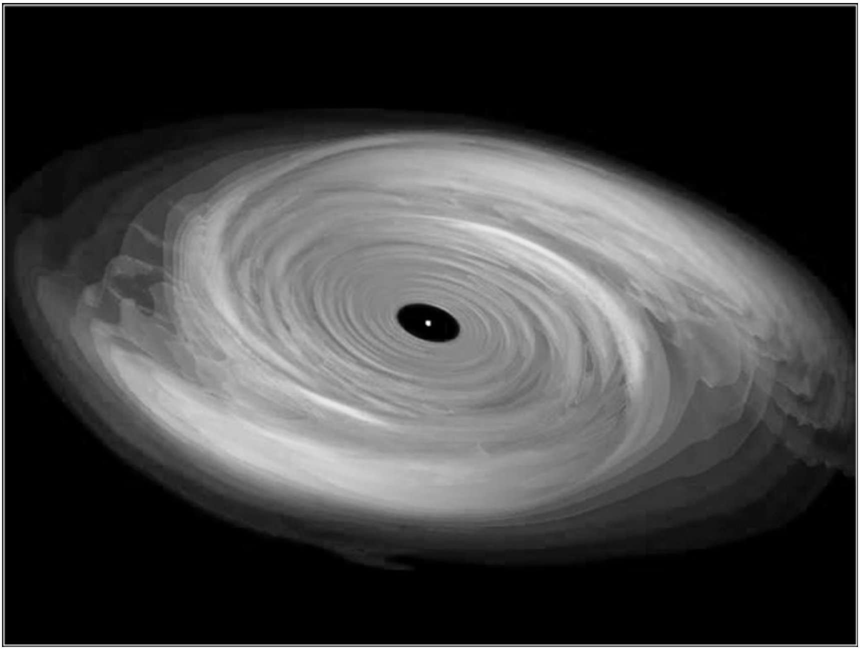
Сама назва цих об'єктів уже малює у нашій уяві щось небезпечне і обов'язково катастрофічне для всього, що з ними зустрінеться. Проте що вони являють собою? Невже це просто діри у прос-

торі? А якщо ні, то чому їх так назвали, вказуючи нам їхню всепоглинаючу сутність?

Чорні діри, по суті, теж є фінальним етапом еволюції зір. Тільки для того, щоб сформувався такий об'єкт, зоря повинна бути більша за три маси Сонця. При цьому на кінцевих стадіях гравітаційного колапсу стиснення ядра не спиняється на етапі утворення білого карлика або нейтронної зірки, а йде далі до утворення чорної діри.

Отже, чорна діра — це утворення з дуже великою густиною, що при досить малих (порівняно з первинним) розмірах має колосальну гравітацію. Це спричиняє той факт, що ніяке тіло або випромінювання не може покинути меж чорної діри, коли опиняється всередині.

Ми знаємо: щоб вивільнитися від гравітаційного впливу масивного тіла, треба розвинути певну швидкість. Наприклад, космічні кораблі, щоб звільнитися від тяжіння Землі, повинні розвинути так звану другу космічну швидкість (трохи більше за 11 км/с). Також ми знаємо, що ніяке тіло та ніяка хвиля не може розвивати швидкість, більшу за швидкість світла у вакуумі (трохи менше за 300 000 км/с).



*Ніщо, навіть світло, не може покинути межи чорної діри*

Чорна діра — це об'єкт, для якого друга космічна швидкість перевищує швидкість світла у вакуумі. Таким чином, опинившись усередині чорної діри, ніяке тіло не буде мати навіть теоретичних шансів колись потрапити назад у простір Всесвіту. Межа, за якою починається чорна діра і яку не можна покинути, називається горизонтом подій. Ця назва дана тому, що ми не зможемо стати свідками жодної події, що відбудеться за цим горизонтом. Радіус, до якого треба стиснути певне тіло, щоб воно стало чорною дірою, називається радіусом Шварцшильда. Наприклад, для Землі радіус Шварцшильда дорівнює близько 2 сантиметрів! Тобто для того, щоб наша планета стала чорною дірою, вона повинна мати радіус 2 сантиметри.

У принципі, чорні діри є об'єктами, спостереження яких неможливе. Проте якщо чорна діра є складовою частиною певної складнішої системи, то напрями спостереження стають можливими. Наприклад, якщо чорна діра є компонентом кратної зоряної системи. У цьому випадку вона буде ніби «годуватися» речовиною, що складає зірку-сусіда. Тобто своїм гравітаційним впливом вона буде стягувати речовину з зірки. Газ закручуватиметься нав-



*Якщо чорна діра опинилася б у Сонячній системі, вона поглинула б усю наявну тут речовину*

коло чорної діри, утворюючи так званий акреційний диск, і потім падати на горизонт подій та зникати всередині. При цьому вивільнятиметься велика енергія у вигляді жорсткого рентгенівського випромінювання. Такі джерела випромінювання найчастіше й сприймаються як чорні діри, наприклад, відомі Кассіопея А, Лебідь А та багато інших.

Катастрофічні наслідки для нашої планети, а також і для всієї Сонячної системи, може мати не тільки зустріч, а й сам факт близького сусідства з чорною дірою. Проте ніяких об'єктів, що можуть підозрюватися як чорні діри, а також зірок, чиє життя може закінчитися їх утворенням, у небезпечній близькості від нас не знайдено.

## Зіткнення галактик

Галактики, як і люди, намагаються триматися групами. Також як і люди, вони іноді купчаться та змагаються одна з одною. Звичайно, це — просто одне з порівнянь, проте воно досить повно відображає сутність поняття про взаємодіючі галактики.

Існує декілька типів взаємодії галактик. Найпоширеніший з них — це коли галактики утворилися майже разом і разом співіснують. Вони можуть мати спільні елементи структури, як, наприклад, галактика «Водоверть» у сузір'ї Гончих Псів. Але вони можуть і не мати нічого спільного на перший погляд. Ці галактики становлять дуже великий науковий інтерес для вивчення різноманітних процесів, що відбуваються у їх надрах. До того ж вони можуть допомогти нам простіше подивитися і на глобальнішу проблему — питання наслідків зіткнення галактик, що не є неможливим.

Відомо, що всі ми, починаючи з Землі і далі до нашої Галактики, знаходимося у постійному русі. Також постійно рухаються і всі інші галактики. Деякі з них віддаляються від нас, а деякі рухаються нам назустріч. За допомогою вивчення спектрів, наприклад, удалося встановити, що Галактика Андромеди рухається назустріч Молочному Шляху зі швидкістю близько 50 км/с.

Неважко розрахувати, що через багато років наші галактики мають шанси зіткнутися. Чи це призведе до катастрофічних наслідків? На це питання кілька років тому вчені Національної адміністрації з аеронавтики та досліджень космосу США (NASA) намагалися відповісти розрахунками. Один із найпотужніших суперкомп'ютерів рахував модель зіткнення Галактики Андромеди з Молочним Шляхом. Результати досліджень говорять про те, що цей процес має пройти досить мирно, поступовим «поглинан-

ням» однієї галактики іншою. Звичайно, що локальні колізії можливі внаслідок зростання густини зоряного «населення». Проте, очевидно, не більше. В усякому разі нам нема чого хвилюватися, принаймні у цьому житті!

## Астероїдно-кометна небезпека

Тиха ніч, ви сидите у садку за будинком та спочиваєте, вглядаючись у зоряне небо. Раптом ви помічаєте дивну зірку, блиск якої дуже швидко і невпинно зростає. Ось вона вже проноситься над горизонтом, як величезних розмірів болід (дуже яскравий метеор). Стає світліше — майже як удень. Гул, тріск та грім супроводжують політ яскравого боліда. На якусь мить усе стихає. Це затишшя схоже на те, як стихає вітер у лісі перед першим поривом справжньої бурі. У цей час десь дуже далеко стався вибух. Ціла гора, що прилетіла з космосу, зіткнулася з Землею. На горизонті спалахує дивне дуже яскраве світло, що майже осліплює всіх навколо. Чується гул, що зростає та переходить у суцільний грім та гуркіт. Від нього вилітають шибки у вікнах, виникає неприємне відчуття чогось непоправного. І ось остання мить: з горизонту насувається ударна хвиля. Вона змітає все на своєму шляху, вириваючи з корінням дерева та трощачи будівлі, не лишаючи після себе жодної живої істоти.

Це, напевне, — найпопулярніший із засобів завершення нашого з вами існування, що вже як мінімум десять років не сходить з телеекранів та газетних шпальт. У деякій мірі це має свій сенс, бо з природних катаклізмів зіткнення Землі із стороннім космічним тілом порівняно невеликих розмірів є найбільш вірогідною причиною глобальної катастрофи. Проте давайте розглянемо цю проблему з іншого боку: а наскільки це дійсно реально, чи траплялося це хоч раз і коли може трапитися знову?

Перш за все зазначимо, що малі тіла Сонячної системи, з якими наше зіткнення уявляється найбільш вірогідним, дуже розрізняються за своїми розмірами. Але катастрофічні для Землі в глобальному масштабі наслідки буде мати зіткнення навіть з порівняно невеликим астероїдом (біля 1 км у діаметрі) або з дещо більшою кометою.

Протягом першого мільярда років існування Сонячної системи планети «вичистили» свої шляхи від космічного сміття та спокійно рухаються своїми орбітами. Проте і тепер наша Сонячна система не є абсолютно «чистою». За твердженням голландського астронома Яна Гендріка Оорта, далеко за межею планетарної Сонячної системи існують мільйони протокометних тіл. Ця область, звідки час від часу приходять все нові і нові комети, отримала



*Яскравий болід, зареєстрований метеорним патрулем. Фото: IMO*



*Слід боліда, що спостерігався 1 жовтня 2003 року над територією штату Юта, США. Фото: Джон Барнетт*



*Таким сучасні митці уявляють зіткнення Землі з великим астероїдом. Фото: Paramount Pictures, Inc.*

назву хмари Опіка-Оорта. Щодо астероїдів, то їхні шляхи найбільш сконцентровані у двох так званих поясах: головному поясі астероїдів (між орбітами Марса та Юпітера) та поясі Койпера (в районі орбіт Нептуна та Плутона і далі).

І комет, і астероїдів так багато, що відкрити їх усі, а тим більше — вивчити та відстежити їх потенційну небезпечність — завдання майже нереальне. Кожного року аматори та професіонали відкривають сотні астероїдів та десятки комет. Кілька років тому до багатьох тисяч спостерігачів приєдналися автоматизовані роботи-телескопи, які сканують небо в пошуках невідомих об'єктів, що рухаються.

Реальність небезпеки з боку космічних гостей майже очевидна. Достатньо просто взяти в руки бінокль та направити його на Місяць. Ви одразу побачите численні результати таких зіткнень у минулому, які мали різні масштаби і різні наслідки — кратери. Тільки тих, що розмірами перевищують 1 кілометр у діаметрі (а іноді доходять і до 200 км!), — близько 30 000.

На Землі теж є свідчення про те, що наша планета вже пережила кілька великих зіткнень з кометами або астероїдами. Так, наприклад, 65 мільйонів років тому внаслідок, як вважається, зіткнення з кометою вимерли динозаври. Якщо ж не заглядати да-

леко в минуле, то достатньо згадати подію, що сталася вранці 30 червня 1908 року з епіцентром у районі ріки Тунгуска. Таємниця цієї катастрофи, внаслідок якої, на щастя, майже ніхто не постраждав, до цього часу повністю не розкрита. Проте вважається, що причиною величезного вибуху стала комета або уламок комети. І землянам дуже пощастило, що вибух стався в Сибіру. Якщо б комета летіла тією ж самою траєкторією, а Земля встигла зробити, наприклад, на чверть оберту більше, то стертим з лиця землі було б місто Санкт-Петербург.

Трапляються моменти, що вчені відкривають астероїд чи комету тоді, коли часу на відповідні заходи безпеки вже не залишається. Або ж відкриття іноді трапляються навіть post factum, тобто після прольоту поблизу Землі небезпечного тіла. Такі наближення реальні: наприклад, у листопаді 1937 року астероїд Гермес «прокреслив» небо всього у 800 000 кілометрів від Землі, що лише вдвічі більше за відстань від Землі до Місяця.



*Потужним вибухом було повалено ліс на величезній площі у районі річки Тунгуска в Сибіру*



*Іноді метеорити випадають на населені пункти. Цей, наприклад, влучив у автомобіль*

Проте постійні пророцтва щодо кінця світу, як і новини в пресі, що сповіщають про зіткнення з величезним астероїдом наступного місяця, найчастіше розраховані на не досить обізнаних представників нашого суспільства і спрямовані на підвищення рейтингів «пророків» та різного роду провокації. За теорією ймовірності, наш шанс загинути від наслідків такого зіткнення набагато менший за ймовірність смерті від нещасного випадку.

## Погляд зі сторони

Навіть беручи до уваги уявну очевидність проблеми астероїдно-кометної небезпеки, людство спочатку не було схильне сприймати це як наукову проблему. На початку 70-х років XX століття навіть піддавався сумніву той факт, що на Землі є об'єкти, які мають метеоритне походження. Цей короткий сюжет покликаний познайомити вас з історією однієї людини, вірність наукових переконань якої довела сама Природа.

Юджин Шумейкер відомий сучасним астрономам, аматорам та професіоналам, своїми численними досягненнями у відкритті та вивченні комет та астероїдів, а також своїми працями про механізм утворення кратерів внаслідок ударних процесів. Разом зі своєю дружиною Кароліною, а також їхнім другом Девідом Леві вони стали авторами відкриття та перевідкриття більше 15 комет та понад 50 астероїдів.

Проте здобував він свою освіту не як астроном, а як геолог. Коли Сполучені Штати розпочали розгортати програму досліджен-

ня Місяця, мрією Юджина стала подорож на поверхню нашого природного супутника у складі екіпажу місії «Аполлон». І він розпочав дослідження кратерів, бо якщо постане питання, кого з науковців посилати на Місяць, то відповідь напевне була б: геолога!

Якщо ударне походження кратерів на Місяці майже ні в кого не викликає ніяких сумнівів, то кратероподібні об'єкти на поверхні Землі найчастіше пов'язують або з вулканічними процесами, або навіть з дією води та повітря. І головною заслугою Юджина Шумейкера було те, що протягом десятиліття своїх досліджень він усе-таки довів, що багато кратерів, нині відомих на поверхні нашої планети, мають ударне походження. Зробив він це на прикладі кратера Беренджера (Великого Аризонського кратера).

Через проблеми зі здоров'ям Юджину Шумейкеру не судилося відвідати Місяць, проте дані, отримані іншими геологами з місячної поверхні, повністю підтвердили міркування Шумейкера щодо механізмів та ознак ударного утворення кратерів. Тож, залишившись на деякий час науковим консультантом програми «Аполлон», Шумейкер вирішив разом зі своєю дружиною присвятити себе пошуку ймовірних причин ударного утворення кратерів: малих тіл, що можуть зіштовхуватися з нашою планетою.

Таким чином, Юджин Шумейкер уперше сформулював проблему астероїдно-кометної небезпеки з наукової точки зору. Він доводив необхідність систематичної роботи з пошуку, класифікації та дослідження потенційно небезпечних об'єктів. Проте науковий світ досить скептично відреагував на ідеї тоді ще молодого вченого, що наважився кинути виклик сучасним уявленням геологічної науки.

Та сталася подія, що змусила людство (і не тільки вчених!) інакше подивитися на це питання. Була ніч, що зовсім не підходила для серйозних спостережень і тим більше для великих відкриттів. І от на чергових нега-

**Це сталося зовсім нещодавно, під час написання книги, яку ви тримаєте в руках. Рано-вранці 18 березня 2004 року Центральне бюро астрономічних телеграм Міжнародного астрономічного союзу сповістило, що астероїд 2004 FH, відкритий днем раніше, зустрінеться з Землею на рекордній відстані. Це сталося майже опівночі за Всесвітнім часом у ніч з 18 на 19 березня. Астероїд розмірами з велику багатоповерхівку (за різними оцінками, від 30 до 80 метрів у діаметрі) «прослизнув» поруч з нашою планетою на відстані близько 43 000 кілометрів, що у 9 разів ближче, ніж відстань до Місяця. Увага багатомільйонної армії астрономів, аматорів та професіоналів була прикута до досить яскравої зірочки, що стрімко пересувалася зоряним небом. Це було найближче в історії людства передбачене рандеву з астероїдом.**

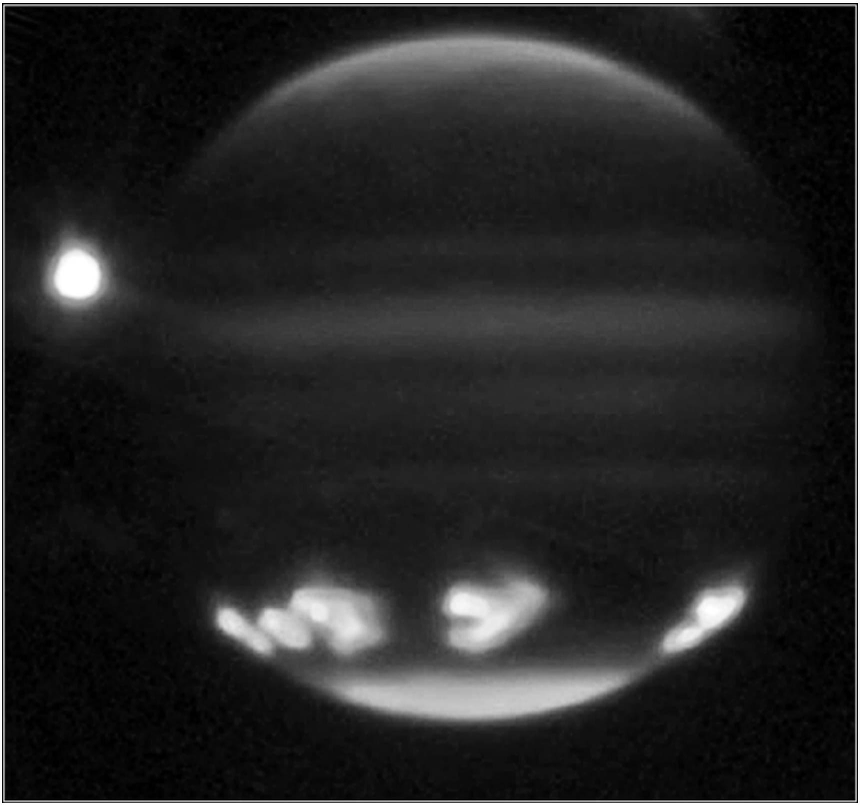


*Кратер Беренджера — один із тих, що добре зберігся в Арізонській пустелі*

тивах — невідомий об'єкт у безпосередній близькості від Юпітера. Через деякий час йому дадуть назву комети Шумейкерів-Леві 9. Проте це була не просто комета. Уже в ніч відкриття колеги Шумейкерів та Леві свідчили, що в комети дуже витягнуте ядро та, як мінімум, 5 хвостів! Детальніше вивчення, зокрема за допомогою телескопа імені Хаббла, показало, що комета була розірвана гравітаційним полем Юпітера на 22 шматки! Неймовірно, але факт!



*Комета Шумейкерів-Леві 9 була розірвана гравітаційним полем Юпітера. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*



*Серія потужних вибухів у атмосфері Юпітера.*
*Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

Та ще неймовірнішими здавалися результати обчислення орбіти комети Шумейкерів-Леві 9, що були виконані Брайаном Марсденом — визнаним спеціалістом із Гарвард-Смітсонівського астрофізичного центру. Виявилося, що з великою ймовірністю комета... зіткнеться з Юпітером! Шумейкер тріумфував: нарешті він побачить (і всі побачать!) те, про що намагався сказати стільки років! Але скептики говорили: а може, і не буде ніякого вибуху? Може, уламки комети просто потонуть у газовій оболонці Юпітера?

І ось настав «час істини», 16 липня 1994 року. Орбітальний телескоп імені Хаббла, як і більшість великих телескопів на Землі, завмерли в напрямку на Юпітер і чекали. Багатомільйонна аудиторія по всьому світу сиділа біля екранів телевізорів. Перші знімки нічого екстраординарного не дали, однак потім на Юпітері з'явилася темна пляма завбільшки майже з Землю. Це був вибух! Перший, далеко не найбільший фрагмент комети Шумейкерів-



*Юджин Шумейкер (1928—1997).*
**Американський астроном та геолог, що започаткував астрогеологію. Коли Сполучені Штати Америки зосередили свою увагу на Місяці, Шумейкер був першим зі спеціалістів, що міг претендувати на відвідання нашого природного супутника як геолог-дослідник: він займався ударними кратерами. Проте мрії не судилося збутися через проблеми зі здоров'ям. Шумейкер став лише науковим консультантом Місячної програми NASA. Прибічник ударної теорії формування багатьох кратерів на Землі і на Місяці, Шумейкер розпочав дослідження причин цих процесів — зайнявся пошуком «шалених куль», як він називав астероїди. Свою роботу проводив із відданими друзями та колегами: дружиною Кароліною та другом Девідом Леві, відомим астрономом та астрофотографом. Разом вони відкрили та перевідкрили десятки комет і астероїдів. Одна з комет, комета Шумейкерів-Леві 9, стала живим підтвердженням блискучих ідей Юджина Шумейкера. Його по праву можна вважати одним із визначних планетологів XX століття.**

Леві 9 зіткнувся з поверхнею Юпітера і вибухнув. Далі була ще серія потужних вибухів, що тривали до 22 липня. А слідів космічної колізії Юпітер позбавлявся ще довгі місяці. Учені розрахували, що такого масштабу зіткнення Юпітер переживає приблизно раз на 1 000 років. І пощастило ж спостерігати цю колізію саме нашому поколінню!

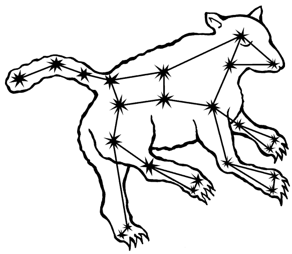
Ця історія — дуже показова. Людина, яка вірить у свої ідеї, не злякалася довготривалої хвилі критики та скептицизму. І відданість Юджина Шумейкера була нагороджена. Саме його комета зіткнулася з Юпітером і показала всьому людству, що це можливо, що це трапляється. Правота Юджина Шумейкера спалахнула сотнею Хіросім на очах у всієї світової наукової спільноти!

# VIII

## НЕБО, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ



*У кожної людини свої зорі. Тим, хто подорожує, вони вказують шлях. Для інших це просто маленькі вогники. Для вчених вони — як задача, яку треба розв'язати... Але для всіх цих людей зорі німі. А в тебе будуть зовсім особливі зорі...*
А. де Сент-Екзюпері



Зоряне небо — таємнича книга, яку нам подарувала природа. Протягом тисячоліть люди цікавилися тими дивними візерунками, що створюють зорі кожної ясної ночі. Хто зможе (та й чи зможе?) колись розкрити всі таємниці Всесвіту? Мабуть, чим більше ми будемо дізнаватися, тим більше питань у нас виникатиме! І звичайно, починати треба з зоряної абетки — читання та пізнання самого зоряного неба.

Коли ми дивимося на нічне небо, то можемо бачити лише дуже маленьку частинку Всесвіту. Навіть у найтемнішу та найпрозорішу ніч ми змогли би спостерігати хіба що кілька тисяч найближчих зірок, кілька зоряних скупчень та кілька туманностей. За межами нашого Молочного Шляху тільки три галактики є досить яскравими для того, щоб їх можна було спостерігати неозброєним оком. Найвіддаленіший об'єкт для такого спостереження знаходиться від нас на відстані приблизно в 2 000 000 світлових років. З іншого боку, за допомогою телескопів ми можемо проникнути на мільярди світлових років у глибини Всесвіту до об'єктів, що народилися на самому його початку —15 мільярдів років тому.

## Обертання зоряного неба

Зоряне небо знаходиться у постійній динаміці, воно не стоїть на місці. Але в цьому сюжеті мова піде не про власне зміни в положеннях небесних світил та їх структурі, а про зміни, що виникають унаслідок обертання нашої планети навколо власної осі та навколо Сонця.

Якщо ви проведете на вулиці кілька годин, то побачите, що зірки, планети та Місяць сходять і заходять, як Сонце. Усі небесні світила сходять у східній частині неба, а заходять — у західній. Це відбувається тому, що Земля обертається в протилежному напрямку — з заходу на схід. Фактично, якщо б ми спостерігали за добовим обертанням неба збоку, воно виглядало б досить просто. Але через те, що ми живемо на поверхні Землі, то бачимо лише поло-

вину небесної сфери. Таким чином, та частина, яку ми можемо спостерігати в певний момент, залежить від нашого місцезнаходження, а також дати та часу, що значно ускладнює завдання.

Вийдіть надвір увечері. Над вашою головою — частина небесної сфери, що ми далі будемо називати просто небом. Для того, щоб вам легше було орієнтуватися на небі, треба познайомитися з деякими особливими точками та лініями. Найочевидніша з них — це лінія горизонту, що відділяє ту частину неба, яку ви бачите, від тієї, спостерігати яку в вас немає можливості. Над вашою головою буде точка зеніту — найвища точка на небі. Ще одна лінія, яка допомагає орієнтуватися на небі — це так званий меридіан. Його проводять від точки півдня на горизонті через зеніт до точки півночі.

Через те що ми не можемо безпосередньо та швидко виміряти відстань об’єкта від спостерігача, то порівнюємо тільки видимі розміри об’єктів на зоряному небі. Так, наприклад, Сонце та Місяць (звичайно!) не однакові за розміром. Проте на небі вони мають однаковий видимий діаметр. Серед астрономів прийнято вимірювати координати та видимі розміри об’єктів у кутових величинах. Наприклад, кутовий діаметр Сонця та Місяця на небі сягає близько 0,5 градуса або приблизно 30 кутових хвилин. Для точніших астрономічних вимірювань використовують також кутові секунди. Для позначення цих величин існують спеціальні символи. Так, запис $35°27'15''$ слід читати як «тридцять п’ять градусів двадцять сім хвилин п’ятнадцять секунд».

Якщо ви спостерігаєте завжди з одного і того ж самого місця, то завжди будете бачити один і той самий набір зірок для певного моменту часу. Але якщо ви, наприклад, улітку виїхали відпочивати на південь, то помітите, що там небо виглядатиме трохи поіншому. Для того щоб зрозуміти, чому це сталося, нам треба згадати, як ми вимірюємо координати на Землі. Кожна точка на поверхні нашої планети має дві координати: широту та довготу. Широтою вимірюють положення відносно полюсів (де вона дорівнює $\pm 90°$) та екватора (де вона набуває нульового значення). Довгота «відповідає» за положення між заходом та сходом та відраховується від нульового Гринвіцького меридіана. Якщо ми пристосуємо ці наші знання до уявлення про небесну сферу, то зрозуміємо, що вигляд зоряного неба залежить від широти місця спостереження. Це дуже просто пояснити, адже висота полюса світу дорівнює географічній широті місця спостереження. З цього можна зробити кілька важливих висновків. Так, Полярна зірка знаходиться на висоті, що дорівнює географічній широті місцевості. Також небесний екватор найвище підіймається на півдні на висоту, що дорів-




*Видимий шлях Сонця сузір'ями носить назву Зодіак*

нює $90° - \varphi$, де $\varphi$ — широта місцевості, звідки випливають ще два факти. Зірки, що мають схилення більше за значення $90° - \varphi$, ніколи не заходять за горизонт. Аналогічно, зірки, що мають схилення менше за значення $-(90° - \varphi)$, ніколи не сходять у певній місцевості, а отже, там і не спостерігаються.

Найпростіший рух світил на небесній сфері день у день залишається постійним. Проте вигляд нічного неба в різні пори року змінюється завдяки обертанню нашої планети навколо Сонця. Видимий шлях денного світила зоряним небом ми називаємо екліптикою. Він проходить через 12 зодіакальних сузір'їв (останнім часом до них додали ще тринадцяте — сузір'я Змієносця, через яке теж лежить шлях Сонця). У різні пори року Сонце знаходиться в певному сузір'ї, яке, зрозуміло, неможливо водночас зі світилом спостерігати на нічному небі. Таким чином, опівночі на півдні найвище за всі зодіакальні сузір'я лежить протилежне до нього. Так, з переміщенням Сонця Зодіаком змінюється вигляд нічного зоряного неба.

## Сузір'я та їхні назви

Ясної безмісячної ночі неозброєним оком над горизонтом можна спостерігати близько 3 тисяч зірок (приблизно до 6-ї зоряної величини). Телескопи дозволяють спостерігати менш яскраві зірки, причому кількість зірок збільшується при збільшенні оптичної сили (тобто діаметра об'єктива) телескопа. Так, на небі можна спостерігати близько 350 тисяч зірок до 10-ї зоряної величини,

близько 32 мільйонів зірок до 15-ї зоряної величини та майже один мільярд зірок до 20-ї зоряної величини!

Для зручності в орієнтуванні серед великої кількості зірок зоряне небо розподілене на ділянки різної форми, що носять назву сузір'їв. Кожному сузір'ю властива характерна фігура, яка утворюється найяскравішими зірками. Завдяки цьому більшість сузір'їв досить легко знайти на небі. Кожне сузір'я має свою власну назву.

Зоряне небо відобразило в собі та своїх назвах різноманітні епохи, культуру та творчість різних народів нашої планети. Серед сучасних астрономів загальновизнаними є 88 сузір'їв, на які розділене все зоряне небо Землі. У 1922 році на першій Асамблеї Міжнародного астрономічного союзу (за іншими даними — у 1929—1930 роках) цей розподіл завершив багатовікові спроби увічнити на зоряному небі те, що часом не дуже на це заслуговує. Навіть сучасний реєстр сузір'їв пояснюється не стільки логікою, скільки бажанням навести нарешті лад у цій справі та зберегти те, що склалося віками.

Для тих, хто добре знайомий з картиною зоряного неба, сузір'я можуть стати в нагоді як зручні орієнтири, які допоможуть знайти сторони світу на незнайомій місцевості і навіть приблизно визначити час.

Людину, яка вперше починає вивчати зоряне небо, назви сузір'їв досить часто дивують. Як правило, у розташуванні зірок навіть людина, що має розвинуту уяву, не зможе знайти нічого спільного з тим, про що каже назва сузір'я (за рідкими винятками!). Так, найвідоміше сузір'я Великої Ведмедиці нагадує скоріше ківш, а зірки малопомітного сузір'я Рисі можуть нагадувати все що завгодно, але не фігуру цього граціозного хижака. Не менш дивним може здатися на перший погляд і розмаїття тематики в назвах сузір'їв — разом із сузір'ям Гідри на небі можна знайти, наприклад, сузір'я Мухи, Корми та Столової Гори!

Із 88 сучасних сузір'їв 46 мають дуже давню історію. Це Велика Ведмедиця, Оріон, Телець, Великий Пес, Малий Пес, Мала Ведмедиця, Дракон, Геркулес, Водолій, Козерог, Стрілець, Стріла, Дельфін, Заєць, Ерідан, Кит, Південна Риба, Малий Кінь, Центавр, Вовк, Гідра, Чаша, Ворон, Терези, Волосся Вероніки, Південний Хрест, Північна Корона, Змієносець, Скорпіон, Діва, Близнята, Рак, Лев, Візничий, Цефей, Кассіопея, Андромеда, Пегас, Овен, Трикутник, Риби, Персей, Ліра, Лебідь та Орел. Вони були відомі задовго до початку нашої ери та мають здебільшого міфологічне походження. Згадки про них можна зустріти у Біблії та творах античних авторів. Інша група сузір'їв уперше зустрічається нам в атласі зоряного неба, що був складений Йоганом Байєром

на початку XVII століття. Здебільшого в назвах тих сузір'їв утілено прагнення людства того часу — епохи Великих географічних відкриттів. Зокрема, це сузір'я Павича, Тукана, Журавля, Фенікса, Летючої Риби, Південної Гідри, Золотої Риби, Хамелеона, Райської Птиці, Південного Трикутника та Індіанця. Поступово заповнювалися білі плями на тлі південного зоряного неба, а також доповнювався список північних сузір'їв. Так, у відомому атласі польського астронома Гевелія, що був складений наприкінці XVII століття, знайдемо ще декілька сузір'їв: Жирафа, Муха, Єдиноріг, Голуб, Гончі Пси, Лисичка, Ящірка, Секстант, Малий Лев, Рись, Щит, Південна Корона. Передостанні корективи зробив у 1752 році відомий французький астроном Лакайль, що досліджував та активно спостерігав південне зоряне небо. Він доповнив «реєстр» сузір'їв новими назвами: Скульптор, Піч, Годинник, Сітка, Різець, Живописець, Жертовник, Компас, Насос, Октант, Циркуль, Телескоп, Мікроскоп, Столова Гора. До сучасного списку лишається долучити всього п'ять сузір'їв. Три з них — Корма, Кіль та Паруси — у прадавні часи були частинами одного великого сузір'я — небесного Корабля. Ще одне сузір'я — Змія — примітне тим, що на небі воно займає дві відокремлених одна від одної ділянки. І, нарешті, останнє сузір'я, що лежить у Південній півкулі зоряного неба, — це Косинець.

Для позначення яскравих зірок на зоряних картах та у відповідній літературі використовують букви грецького алфавіту та арабські цифри разом із назвою або абревіатурою відповідного сузір'я. Наприклад, Полярна зірка — Альфа Малої Ведмедиці ($\alpha$ UMi), 61 Лебедя (61 Cyg) тощо. Деякі зірки мають свої спеціальні позначення. Так, змінні зорі позначаються однією або двома великими латинськими літерами. Багато слабких зірок, на яких не вистачило букв та цифр у межах сотні, позначаються абревіатурою відповідного каталога та номером зірки в цьому каталозі (наприклад, HD 33218 — зірка номер 33218 із каталога Генрі Дрепера, SAO 77044 — зірка номер 77044 із каталога Смітсонівської астрофізичної обсерваторії тощо). Багато яскравих зірок, окрім позначень, мають також власні імена.

## Зоряне небо України

У цьому розділі ми з вами познайомимося з нашим рідним зоряним небом. Звичайно, «сезонний» розподіл сузір'їв дещо умовний. Наприклад, довгими зимовими ночами від заходу Сонця до його сходу наступного дня небом проходять не тільки зимові, але й осінні (увечері), весняні (на початку ранкової зорі) та навіть

частково літні сузір'я. Тому спочатку ми просто охопимо загальну картину, яку ви зможете спостерігати кожного місяця протягом року. Наведені нижче невеличкі «екскурсії» зоряним небом розраховані приблизно на середину кожного місяця. Таким, як описано нижче, небо виглядатиме увечері, якщо ви вийдете надвір приблизно о 22 годині за середнім поясним часом. Виняток становитиме лише опис літнього неба, коли спостереженням заважають дуже світлі ночі. Його зроблено о 23-ій годині за середнім поясним часом.

### *Довгими зимовими ночами (грудень — лютий)*

Мабуть, ті з вас, хто вже звертав увагу на зимове небо, повністю зі мною погодяться: важко собі уявити небо, красивіше за те, яким ми маємо змогу милуватися довгими та морозними зимовими ночами! Звичайно ж, краса ця є не тільки результатом дивного сполучення прозорих, але дуже темних зимових ночей та білини довколишнього пейзажу, що контрастує із зоряним небом. Зимове небо дуже багате на яскраві зорі та виразні сузір'я.

На зимовому небі перш за все, мабуть, впадає у вічі велетенська фігура небесного мисливця. Це — сузір'я Оріона. Його характерну фігуру досить легко впізнати — пояс складають три яскраві білі зірки, а на правому плечі сяє червоний гігант Бетельгейзе.

На старовинних зоряних мапах зображено цілу сцену небесного полювання. Оріон знаходиться в оточенні одразу декількох тварин. Зверху справа — Телець, одне з очей якого позначено червоною зіркою Альдебаран. Мисливцю допомагають його вірні собаки — Великий Пес із добре помітним Сіріусом та Малий Пес. Щоправда, Великого Пса дещо ввів в оману Заєць, який втікає з-під ніг Оріона.

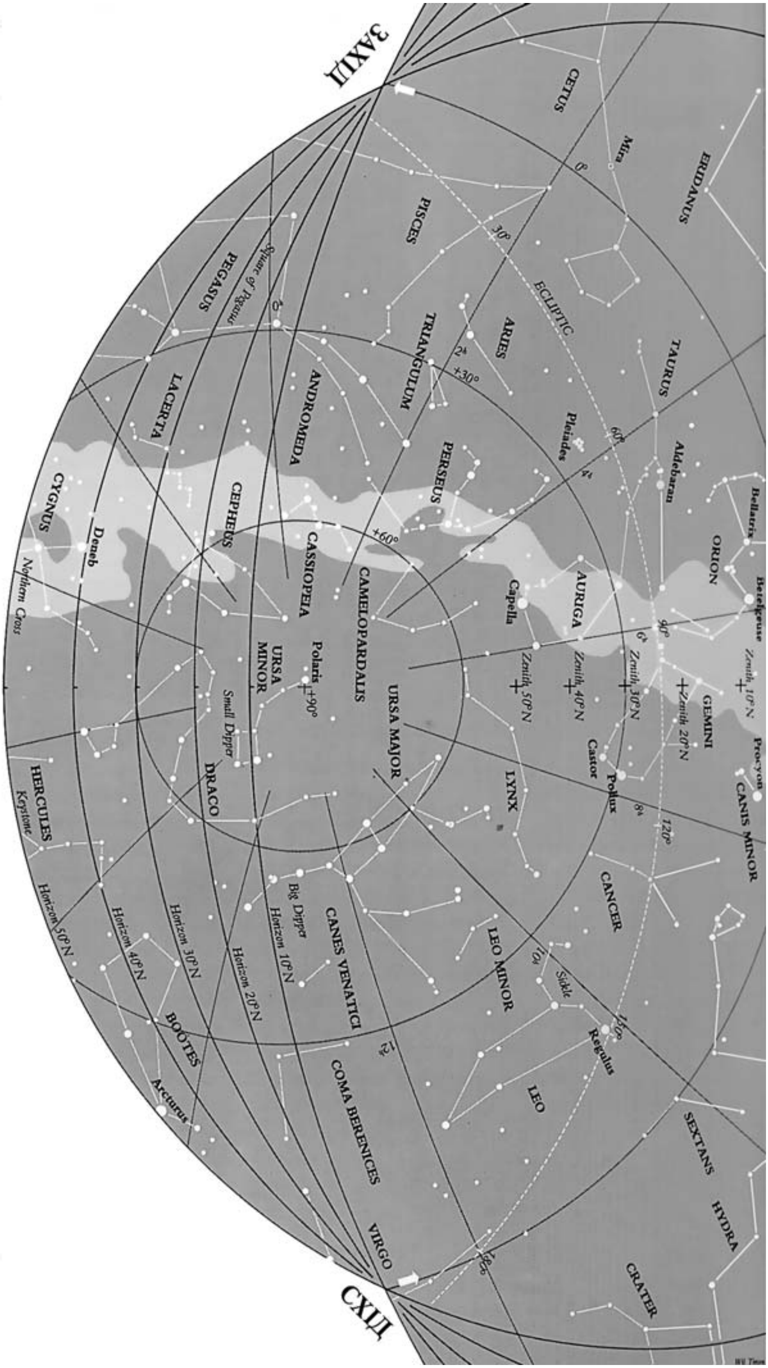
Уся ця картина існує на зоряному небі вже кілька століть, і сузір'я, що ми згадували, мають, напевне, такий же солідний вік, як і Велика Ведмедиця. Серед подібних «старих» сузір'їв не можемо не згадати ще два, які теж досить добре виділяються на тлі зимового зоряного неба. Це — Близнята та Візничий. Головні зірки першого з сузір'їв носять назви Кастор та Поллукс за іменами міфічних героїв. Недалеко від зеніту сяє найяскравіша зірка другого сузір'я — Капелла, що перекладається як «кізонька».

Серед зимових сузір'їв тільки два не мають досить яскравих зірок та чітких характерних фігур. Справа від Оріона тече міфічна ріка, в якій ніби потонув Фаетон — сузір'я Ерідана. Зліва — наймолодше сузір'я зимового неба, Єдиноріг. Він з'явився на зоряних мапах уже після винаходу телескопа.

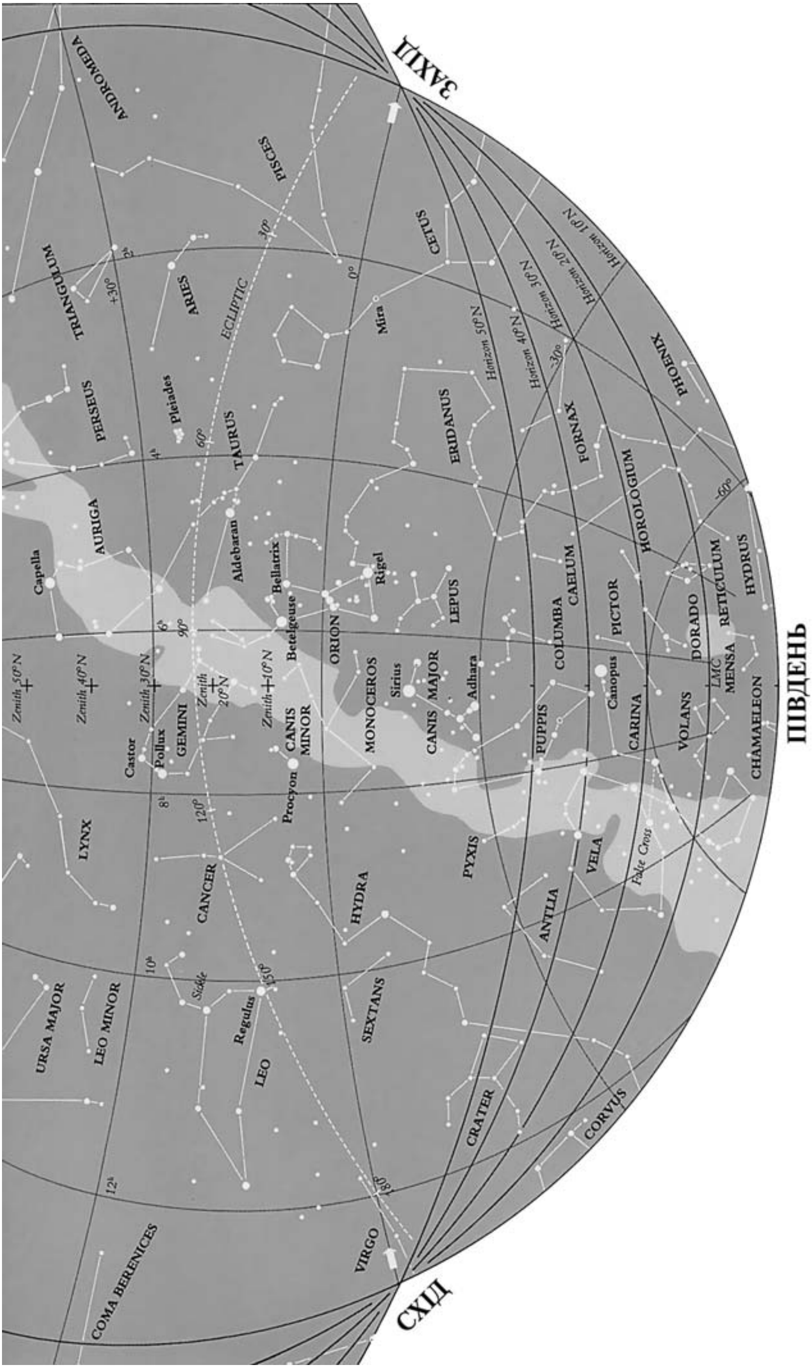
**Грудень.** Невдовзі вслід за Сонцем у північно-західній частині неба сідає Вега, головна зірка сузір'я Ліри, найяскравіша серед зірок Північної півкулі зоряного неба. Великий Квадрат сузір'я Пегаса займає майже повністю західну ділянку зоряного неба, разом із зірками Андромеди, що відходять від його верхнього кута. Між Пегасом та Полярною зіркою розташовані Кассіопея, що нині має вигляд літери М, та Цефей. Молочний Шлях проходить через сузір'я Лебедя, далі у зеніт і вниз до східної частини неба в зимові сузір'я. Саме там з'являються дві зірки Близнят — Кастор і Поллукс. Велика Ведмедиця стоїть на «ручці» ковша трохи лівіше на північ. На півдні красується сузір'я Оріона з відомим поясом із майже однакових зірок на майже однакових відстанях, що вишикувалися в лінію. Якщо цю лінію продовжити вліво вниз, то ми знайдемо найяскравішу зірку зоряного неба Землі — Сіріус. Продовжена вправо, ця лінія вкаже на Альдебаран. Південно-західна частина неба не має цієї пори яскравих зірок. Там тепер знаходяться сузір'я Кита, Риб та Водолія.

**Січень.** Уже помітно нижчає над вечірнім горизонтом осіннє сузір'я Лебедя. Майже точно на заході знаходиться Великий Квадрат сузір'я Пегаса. Дещо вище, проте все ще спостерігаються сузір'я Кассіопеї, Цефея, Персея та Андромеди. Зодіакальне сузір'я Лева тільки сходить над північно-східним горизонтом. Саме між Левом та Близнятами розташоване ще одне не дуже яскраве сузір'я Рака, що є цікавим перш за все розсіяним зоряним скупченням «Ясла». Північно-східна частина неба завойована Оріоном, що своїм поясом указує на Сіріус та Альдебаран. Остання належить сузір'ю Тельця, що займає південну частину неба біля меридіана. Там знаходяться добре відомі розсіяні зоряні скупчення Плеяди та Гіади.

**Лютий.** Цефей, Кассіопея та Андромеда є найпомітнішими сузір'ями північно-західної частини неба. Візничий зі своєю яскравою Капеллою знаходиться дуже високо в тому боці. Телець перемістився на захід та сяє там своїм оком — Альдебараном. Майже на півшляху до зеніту на північному сході — ківш Великої Ведмедиці, дві крайні зірки якого вказують нам на місцезнаходження Полярної (остання, звичайно, майже точно на півночі). Сузір'я Близнят піднялося майже до зеніту в південно-східній частині неба, а Проціон — головна зірка сузір'я Малого Пса — лежить нижче на півшляху до зеніту. Більша частина цієї ділянки неба зайнята порівняно непримітними сузір'ями, найбільшим із яких є Гідра. Сузір'я Лева лежить трохи далі на сході. Оріон тепер перемістився на північний захід, а Сіріус лежить майже на меридіані. Візничий — поряд із Близнятами майже прямо над головою.




*Вигляд зоряного неба 1 лютого о 22 годині за місцевим часом*




*Вигляд зоряного неба 1 лютого о 22 годині за місцевим часом*

## *Природа розквітає (березень — травень)*

Порівнюючи весняне зоряне небо з зимовим, спочатку уявляєш, що хтось розібрав собі напам’ять чи не всі яскраві зірки! Ще кілька місяців тому небо сяяло сліпучими діамантами, а тепер нашу увагу привертають хіба що кілька зірок першої величини.

Найпомітнішим сузір’ям, своєрідним символом весняного зоряного неба, можна вважати сузір’я Лева. У ньому увічнено того самого Немейського Лева, перемігши якого Геракл поповнив скарбничку своїх подвигів. На цьому ж весняному небі ми зможемо знайти ще одну жертву Геракла — Лернейську Гідру, яку здолав Геракл, всупереч допомозі Гідрі велетенського Рака, якого теж увічнено на весняному зоряному небі.

Поряд із небесним Левом стоїть Діва. За однією з версій, це — втілення міфічної богині Церери: на старовинних зоряних мапах Діва зображена зі спілим колосом у руці, що відмічено зіркою Спікою. Сузір’я Волосся Вероніки — пам’ятник вірності цариці Вероніки, що принесла в жертву власну красу в обмін на життя свого чоловіка. Серед найстаріших є також сузір’я Терезів, яке, найімовірніше (разом із Дівою), є втіленням господарських прагнень торговців та землеробів стародавньої культури.

Останні три сузір’я весняного неба — Малий Лев, Гончі Пси та Секстант — значно молодші. Їх уперше ввів у практику Гевелій у XVII столітті.

**Березень.** У цю пору року домінує Капелла, головна зірка сузір’я Візничого, що сяє у північно-західній частині неба. Сузір’я Персея, яке нагадує квітку іриса, знаходиться під нею, а Кассіопея, що розташована низько на півночі, має вигляд літери Е. Велику Ведмедицю ми зможемо знайти високо на північному сході. Якщо продовжити криву, утворену ручкою її ковша, то вона вкаже вам на яскраву жовтогарячу зірку Арктур, що є головною в сузір’ї Волопаса. Останнє має форму, схожу на парашут, та розташоване майже горизонтально. Єдина яскрава зірка, що сяє на південному сході — це Регул, Альфа у сузір’ї Лева. Спіка, головна зірка Діви, знаходиться низько на східному горизонті. Її легко знайти, якщо продовжити ту ж саму криву ручки ковша Великої Ведмедиці далі за Арктур. На заході розгортається картина прощання: ми проводжаємо величну фігуру Оріона до наступної осені. Разом із ним на заході все ще спостерігаються Сіріус та Проціон із сузір’їв Великого та Малого Пса. Дуже високо над горизонтом сяють Близнята.

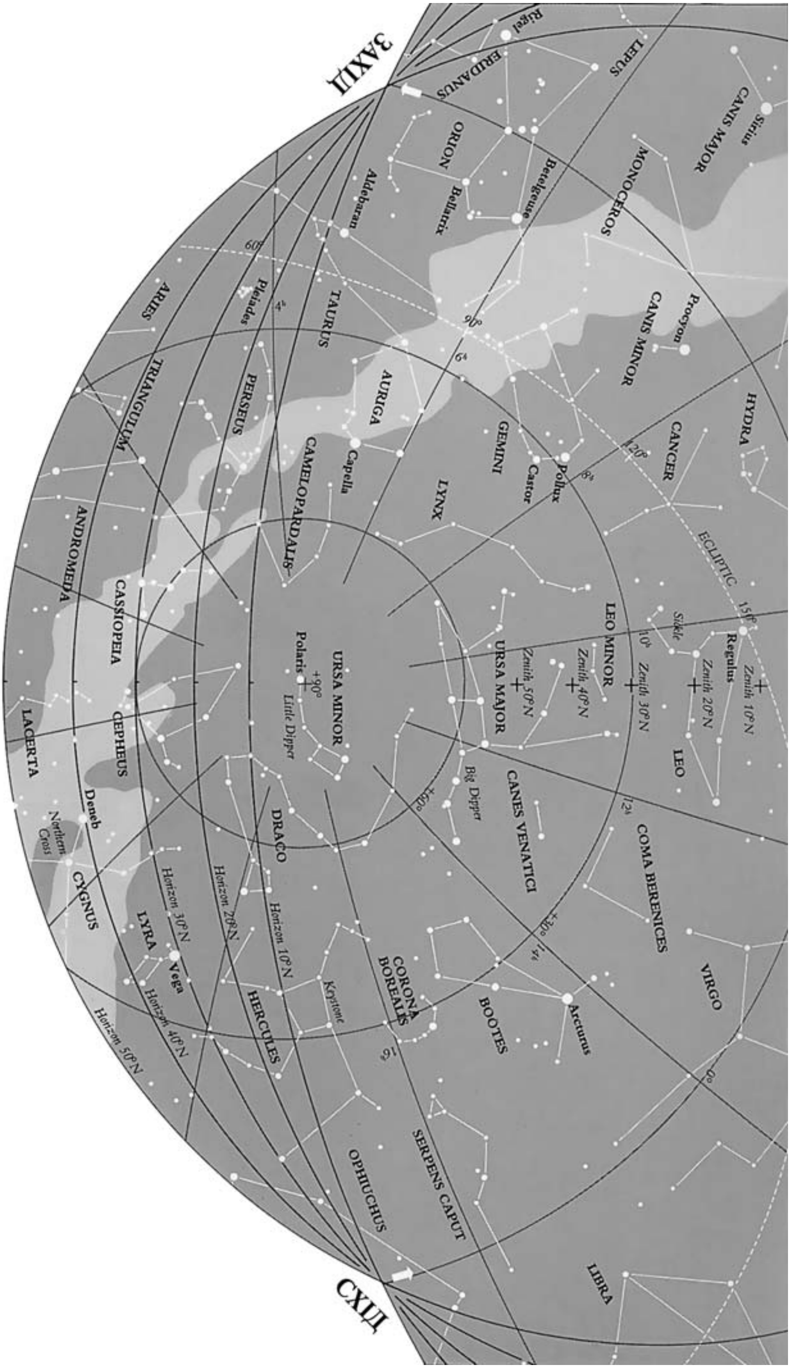
**Квітень.** Ось майже зникли (до наступної осені) зимові сузір’я на чолі з величним Оріоном. Ви можете побачити їх хіба що рано ввечері на західному горизонті. Телець знаходиться дуже низько

на північному заході. Візничий, характерний яскравою Капеллою, лежить північніше Альдебарана. Ківш Великої Ведмедиці ви зможете побачити дуже високо на північному сході. Лев зайняв місце на півдні, тепер його фігура орієнтована майже горизонтально. На південному сході майже на півшляху до зеніту розташоване сузір'я Волопаса, а під ним і трохи зліва овалом лежить Північна Корона. Ще лівіше на північно-східному горизонті сходить сузір'я Геркулеса. Нижче на самому горизонті ближче до півночі можна також помітити яскраву Вегу — головну зірку в сузір'ї Ліри. Це — найяскравіша зірка Північної півкулі зоряного неба. Коли ви побачите цю першу з літніх зірок, знайте: тепла погода вже скоро прийде! На південному сході найяскравішими є Спіка, Арктур та Денебола, Бета Лева. Зовсім поряд і головна зірка цього сузір'я — Регул. Вона світить майже на меридіані.

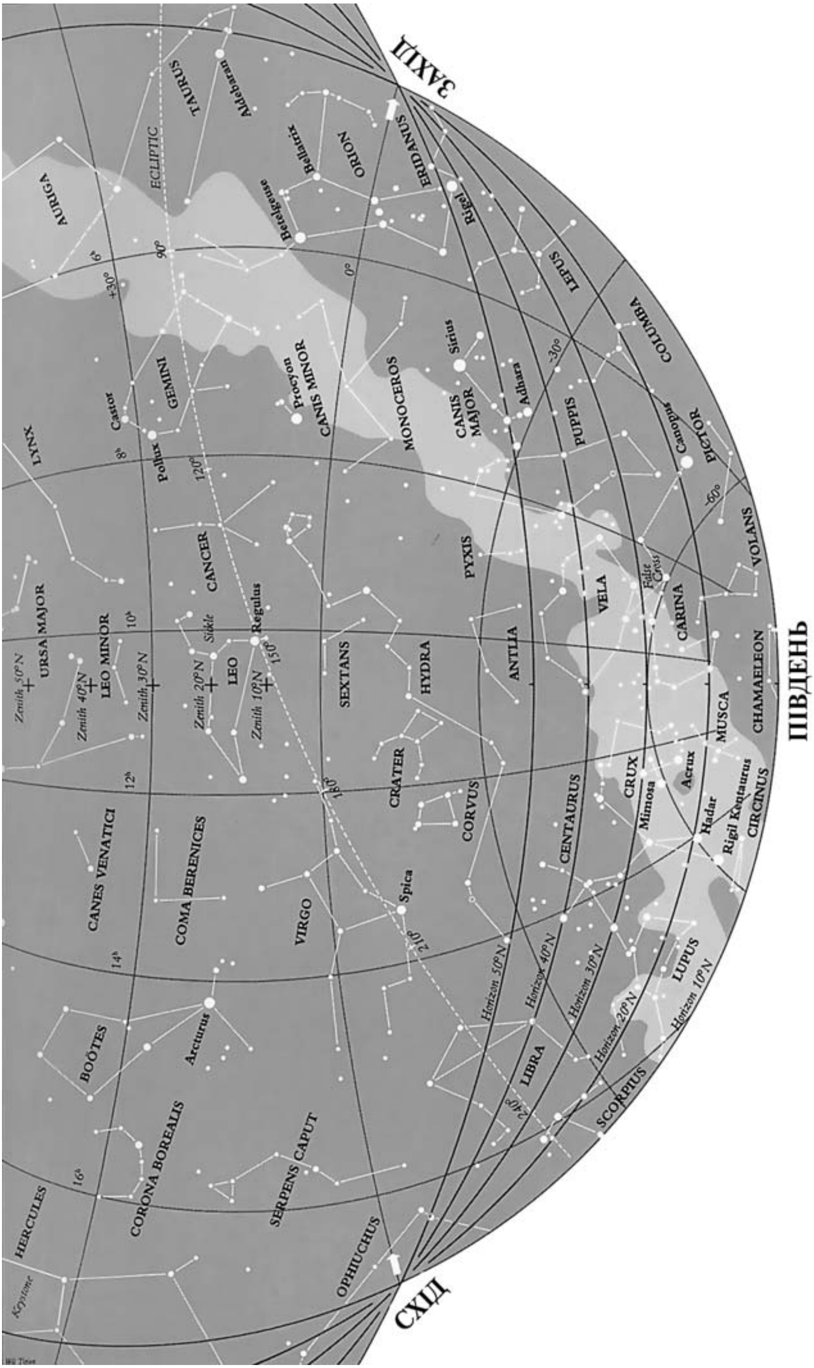
**Травень.** Капелла сяє низько над північно-західним горизонтом. Разом із нею західне небо прикрашають Кастор та Поллукс із сузір'я Близнят, що розташовані трохи вище та західніше. На півшляху до зеніту на південно-західному небі сяє Лев із своєю головною зіркою — Регулом. Порівняно непримітні сузір'я Гідри, Чаші та Ворона займають майже все південне та південно-західне небо. Велика Ведмедиця знаходиться високо над головою в самому зеніті. Кассіопея виглядає як літера W та лежить досить низько на півночі під Полярною зіркою. На північному сході найяскравішою є Вега, Альфа Ліри. Нижче та лівіше сходить Денеб, що мітить хвіст небесного Лебедя. Останній лежить паралельно горизонту та ніби летить на південь. Зліва та зверху від Денеба розташувався Цефей. На південному сході яскравіше за всіх сяють жовтогарячий Арктур та голуба Спіка, що знаходиться близько до меридіана. Якщо вам пощастить із чистим горизонтом, то ви зможете відстежити схід Антареса — головної зірки ще одного літнього сузір'я — Скорпіона. На третині шляху між Вегою та Арктуром ви знайдете сузір'я Геркулеса, що піднялося помітно вище порівняно з минулим місяцем.

### *У дні літніх канікул (червень — серпень)*

Як це не парадоксально, але найсприятливіша для відпочинку та занять улюбленою справою пора — літо — є найгіршим періодом для астрономів. Звісно ж, це стосується лише спостережень зірок та туманних об'єктів. Чому — неважко зрозуміти. Короткі літні ночі майже не залишають астрономам шансів на темне небо над головою. Проте це буде тривати не так довго і вже наприкінці липня (а тим більше у серпні!) ви знову зможете насолоджуватися смолисто-чорним небом.




*Вигляд зоряного неба 18 квітня о 22 годині за місцевим часом*




*Вигляд зоряного неба 18 квітня о 22 годині за місцевим часом*

Першими на сутінковому небі з'являються зірки, що стали символом літа — Вега (Альфа Ліри), Денеб (Альфа Лебедя) та Альтаїр (Альфа Орла). Ці світила утворюють одну з найвідоміших фігур зоряного неба — так званий літній трикутник. Ці три сузір'я належать до тих, що мають давню історію та пов'язані з міфічними сюжетами. Також старовинними є сузір'я Геркулеса, Північної Корони, Козерога, Стрільця, Скорпіона, що теж мають міфічну історію. Деякі сузір'я (наприклад, Водолій, Змієносець, Дельфін) просто зображають відповідну тварину або людину. Є на літньому небі й сузір'я, запроваджені пізніше. Так, сузір'я Малого Коня вперше згадується у каталозі Гіппарха (II століття до н. е.), а сузір'я Лисички та Щита винайшов усе той же Гевелій наприкінці XVII століття.

**Червень.** Місяць, що дає нам найкоротші та найсвітліші ночі. Наприклад, на широті Харкова всю другу половину червня за астрономічними мірками взагалі не настає ніч, а тривають тільки сутінки. І все ж справжнім ентузіастам є чим помилуватися й на червневому небі. Уже добре знайомий нам Регул знаходиться прямо на заході, а саме сузір'я Лева вже починає поступово «занурюватися» за горизонт. Майже на півшляху до зеніту на північно-західному небі «висить» ківш Великої Ведмедиці. Північно-східну частину неба вінчають зірки літнього трикутника — Вега, Денеб та Альтаїр. Перша з них знаходиться найвище, Денеб — ближче до північного сходу. Альтаїр розташований майже на сході і є найнижчим серед трьох. Нижче та лівіше Альтаїра ви можете побачити маленький ромб сузір'я Дельфіна. Низько на півночі лежить літерою W Кассіопея. На південному сході низько над горизонтом сяє червоний Антарес, що позначає серце небесного Скорпіона. Вище у тій же частині неба, майже на меридіані, ви побачите вже знайомий вам Арктур — головну зірку сузір'я Волопаса. Низько на південно-західному небі «головує» Спіка.

**Липень.** Найпомітнішим сузір'ям північно-західної частини неба цієї пори, безперечно, є Велика Ведмедиця. Між нею та Малою Ведмедицею з північного заходу на північний схід йде величезне за своєю довжиною сузір'я Дракона. У липні — найсприятливіша пора для його спостереження, адже воно знаходиться найвище саме цього місяця. У північно-східній частині неба головує Денеб із сузір'я Лебедя, що в цей час помітно занурений в потойбічне сяйво Молочного Шляху. Зліва від Лебедя ви знайдете Цефея, трохи нижче — Кассіопею. Під Лебедем над північно-східним горизонтом починають сходити перші зірки Великого Квадрата Пегаса, що віщує прихід осені через кілька місяців. Низько над південно-східним горизонтом можна знайти сузір'я Стрільця. Коли

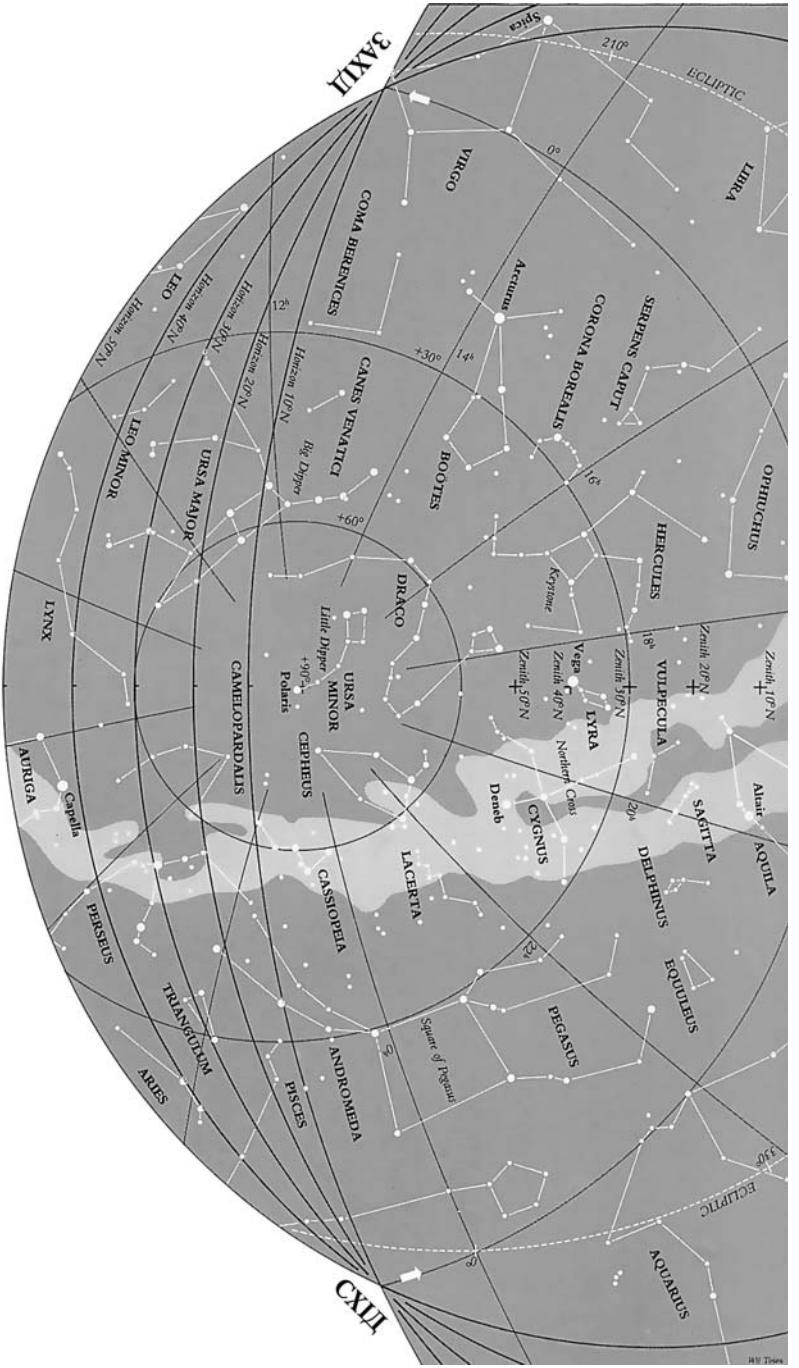
ви дивитесь на це сузір'я, то спостерігаєте центр нашої Галактики. Тут хмари Молочного Шляху стають густішими та яскравішими і йдуть по всьому небу через сузір'я Орла, Лебедя та Кассіопеї. Альтаїр лежить у південно-східній частині неба, майже над ним та значно вище — яскрава Вега. На заході можна спостерігати сузір'я Волопаса із Арктуром, а Північна Корона із Геркулесом знаходяться майже в зеніті. Антарес відмічає точку півдня, а над західним горизонтом уже сідають Лев та Діва. Між Дівою та Скорпіоном ви зможете знайти порівняно непримітне сузір'я Терезів.

**Серпень.** Велика Ведмедиця поступово спускається вниз на північному заході. Вега, головна зірка сузір'я Ліри, знаходиться майже у зеніті у тій же частині неба. Високо у північно-східній стороні лежить інша зірка літнього трикутника — Денеб. Майже під Лебедем зійшов Великий Квадрат Пегаса, з лівого кута якого у вигляді двох ланцюжків зірок бере свій початок сузір'я Андромеди. Якщо дивитися дуже прозорою темною ніччю, то можна помітити слабеньку пляму світла між тими двома ланцюжками: то є Велика Туманність Андромеди, найвіддаленіший об'єкт, що можна спостерігати неозброєним оком. Низько над північно-східним горизонтом тільки сходять зірки рятівника Андромеди — Персея. Це — вірна звістка того, що осінь уже майже на порозі. Альтаїр займає позицію на півшляху до зеніту у південно-східній частині неба. Під сузір'ям Орла знайдемо не дуже яскраві зірки, що утворюють трикутник Козерога. Над ними та трохи вліво до сходу знаходиться сузір'я Водолія. Скорпіон з Антаресом сідають низько над південно-західним горизонтом. Якщо ніч видалася досить темною, можна спробувати знайти фігуру Змієносця та обидві частини сузір'я Змії. Ця група не досить яскравих зірок займає велику південно-західну частину неба над Скорпіоном. Вище та вправо від Змієносця лежить Геркулес, а точно над південним горизонтом найвище за весь рік піднявся Стрілець.

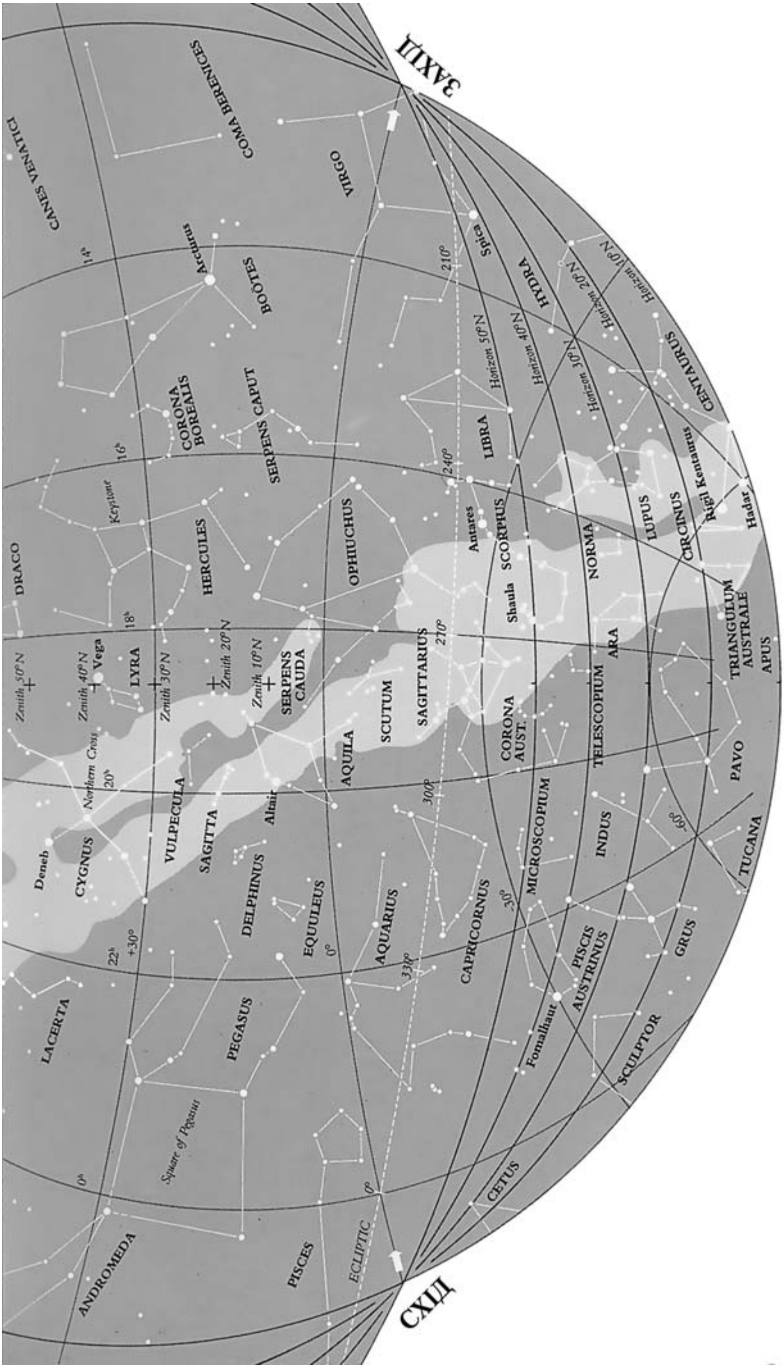
### *Золота пора (вересень — листопад)*

Символом осіннього зоряного неба справедливо вважається велетенська фігура Великого Квадрата Пегаса, що в цей час розташований на південному сході. Пегас, Андромеда, Персей та Овен — найпомітніші сузір'я осіннього зоряного неба. Недалеко від них розмістилися не дуже примітні сузір'я Трикутника, Ящірки, Риб та Кита.

Походження назв осінніх сузір'їв дуже різноманітне. Якщо в Персеї, Андромеді та Пегасі ви легко впізнаєте відповідні міфічні персонажі, то походження інших не досить зрозуміле. Наприклад,




*Вигляд зоряного неба 15 липня о 22 годині за місцевим часом*




*Вигляд зоряного неба 15 липня о 22 годині за місцевим часом*

сузір'я Трикутника, Овна, Риб та Кита настільки ж стародавні, що й вище нами згадані. Трикутник, напевне, не означає нічого більшого, ніж відображає його фігура. Те ж саме справедливе і для сузір'я Овна. Сузір'я Риб на старовинних картах зображалося у вигляді двох риб, переплетених між собою хвостами. Можливо, назва цього сузір'я пов'язана із весняними сезонами дощів та повенями (Сонце в Рибах знаходиться навесні). Сузір'я Ящірки винайшов наприкінці XVII століття вже відомий нам Гевелій.

**Вересень.** Над північно-західним горизонтом сідає жовтогаряча зірка Арктур, що супроводжувала наші мандрівки зоряним небом протягом усієї теплої пори року. Велика Ведмедиця лежить низько північніше від Арктура. Між сузір'ями Волопаса та Великої Ведмедиці знайдемо малопримітне сузір'я Гончих Псів. Північна Корона розташувалася майже точно на заході трохи ліворуч та вище від Арктура. Прямо над Північною Короною лежить Геркулес, а трохи вище все ще сяє яскрава Вега з сузір'я Ліри. Майже на півшляху до зеніту на північному сході знаходиться сузір'я Андромеди, що відходить від лівого кута Великого квадрата Пегаса. Останній у цей час вінчає східну частину неба. Нижче та лівіше від Андромеди — її рятівник Персей, а вище над ним — мати Андромеди Кассіопея, тепер дещо схожа на цифру 3. Сузір'я Цефея лежить високо у північній частині неба. Майже під ним низько над північним горизонтом сходить сузір'я Візничого зі своєю яскравою Капеллою. На південному небі лежать сузір'я Козерога та Дельфіна, що знаходяться в найкращих умовах для спостереження. У південно-західній частині неба все ще високо над горизонтом знайдемо зірки літнього трикутника. Низько над південно-західним горизонтом поринає у небуття Скорпіон, щоб повернутися тільки наступної весни.

**Жовтень.** На вечірньому небі все ще помітний літній трикутник: Вега, Денеб та Альтаїр. Справа внизу над північно-західним горизонтом лежить сузір'я Геркулеса. Дуже низько майже на півночі розташований ківш Великої Ведмедиці. На північному сході поряд із Андромедою високо над горизонтом знайдемо Кассіопею, сузір'я якої в жовтні має вигляд цифри 3. Нижче її та Андромеди — небесний герой Персей. Найяскравішими зірками цієї частини неба є жовтувата Капелла з сузір'я Візничого та червоний Альдебаран, головна зірка сузір'я Тельця, яка сходить. Високо на півдні лежить Великий Квадрат Пегаса, під ним — малопримітні сузір'я Водолія, Риб та Кита, що займають велику частину неба з південного сходу і далі на південь. Андромеду легко знайти, проклавши шлях від лівого кута квадрата Пегаса. Досить високо над горизонтом можна спостерігати і Велику Туманність Андромеди.

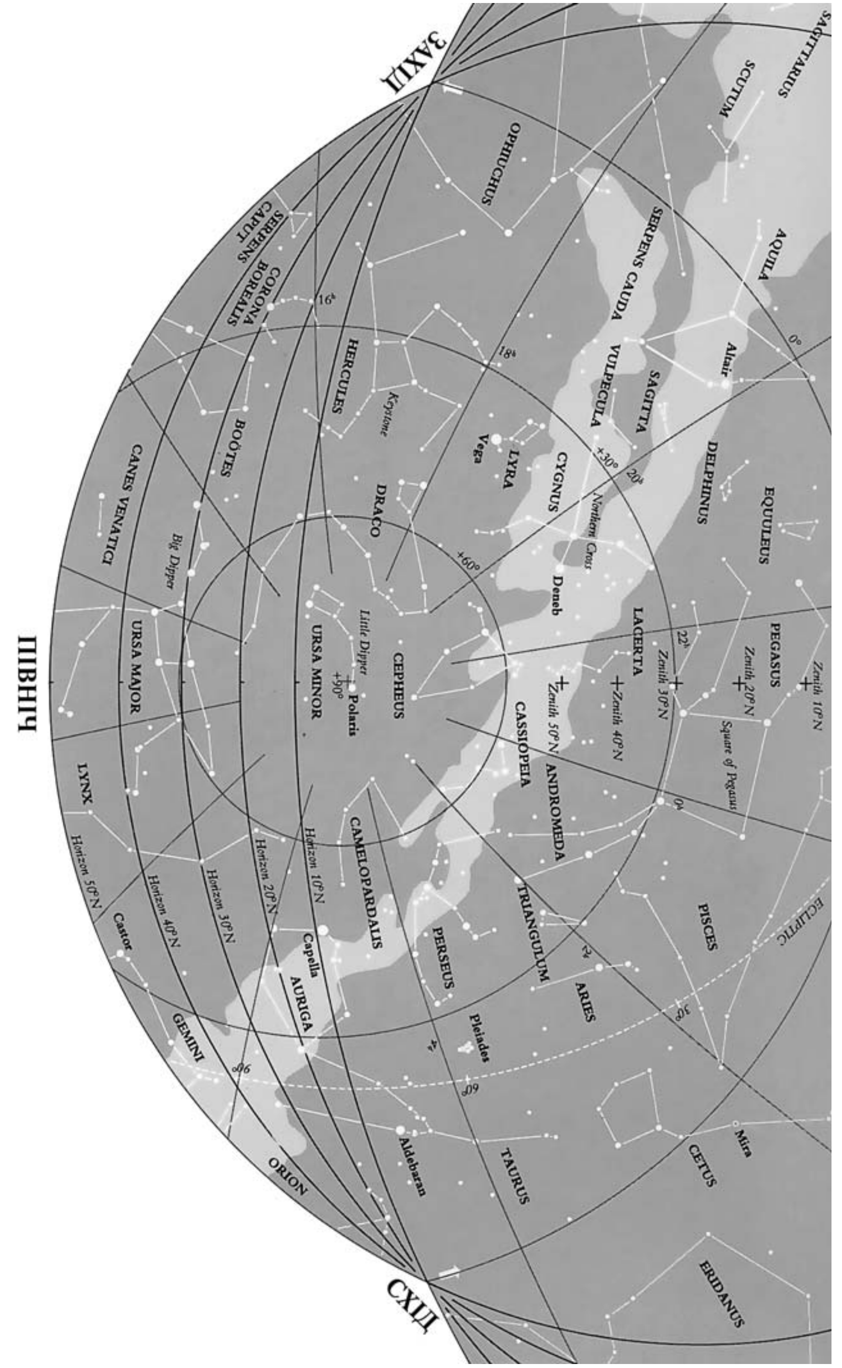
Козерог та декілька не дуже примітних «водних» сузір'їв знаходяться на південному заході. Майже точно на півдні можна спостерігати досить яскраву зірку — гостю з південного зоряного неба. Це — Фомальгаут, головна зірка з сузір'я Південної Риби. У цій ділянці неба більше немає яскравих зірок, тож її нема з чим переплутати.

**Листопад.** Рано ввечері зірки літнього трикутника на заході — все, що нагадує нам про теплі ночі, адже погода стає дедалі холоднішою. Вега, Денеб та Альтаїр — найпомітніші зірки цієї частини неба. Цефей лежить вище та правіше від Лебедя на північному небі, а ківш Великої Ведмедиці починає підійматися вгору на півночі трохи правіше до сходу. Величний Оріон — вісник наближення зими — сходить над східним горизонтом. Три зірки його поясу показують напрямок на Альдебаран — око небесного Тельця. Прямо над Альдебараном зможемо спостерігати Плеяди — розсіяне зоряне скупчення, що навіть неозброєним оком виглядає досить красиво. На півшляху до зеніту на північному сході сяє Кізонька — Капелла. Під сузір'ям Візничого з-під горизонту тільки-но сходять Кастор та Поллукс — небесні Близнята. На південному сході на небі немає яскравих зірок: Кит, Риби, Овен та Ерідан — усі ці сузір'я є порівняно непримітними та не мають характерних зірок. На південному заході володарює Пегас, займаючи досить велику ділянку неба своїм Великим Квадратом. Під ним дуже низько над горизонтом ще можна побачити Фомальгаут, що дуже швидко заходить.

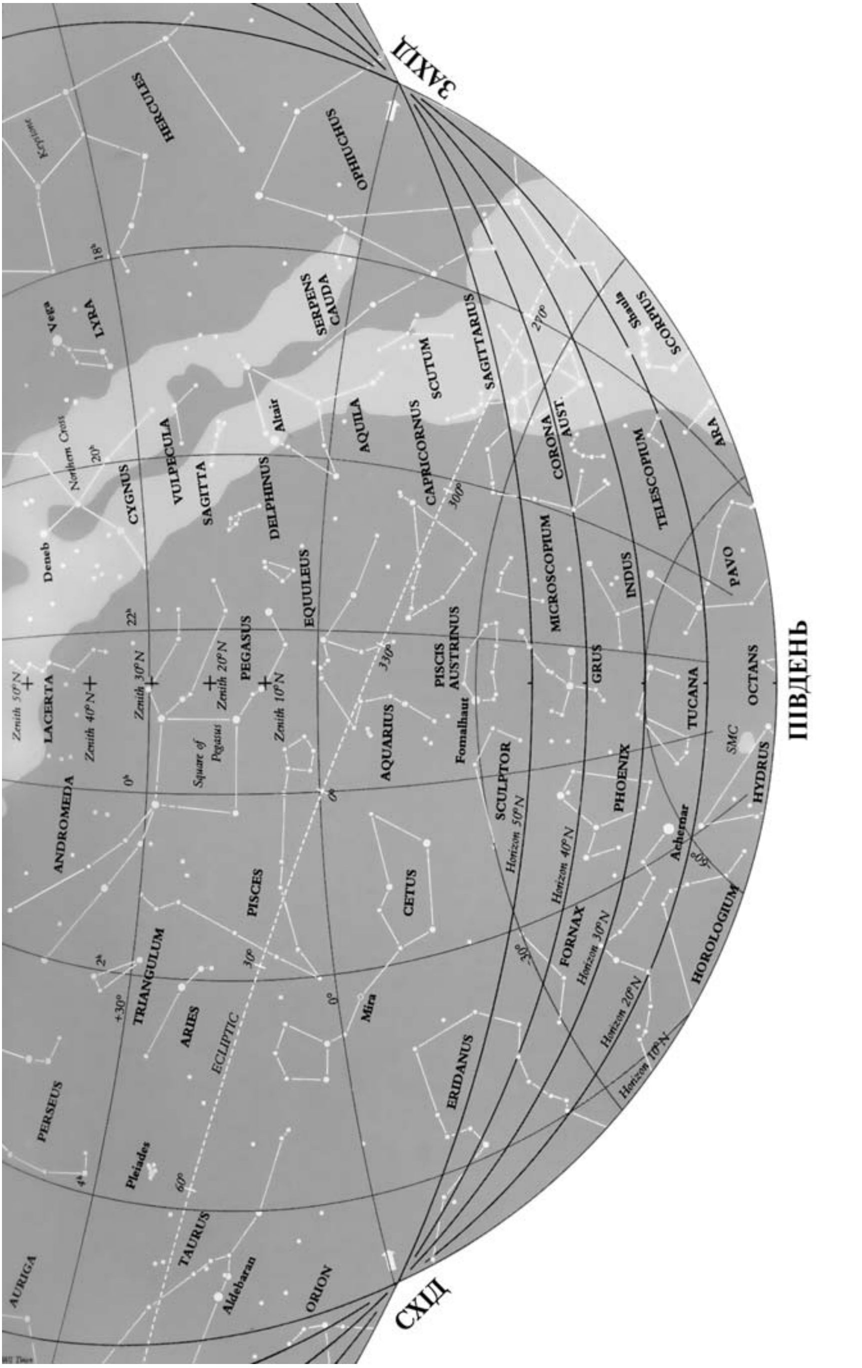
## Найцікавіші сузір'я нашого неба

Ось ми і познайомилися з основними рисами загальної картини зоряного неба — разом із незмінними іменами та положеннями на місцевому небі, що протягом року знаходяться у постійній зміні. Тепер, поза всяким сумнівом, ви впевнено зможете знайти майже всі сузір'я, які доступні спостереженню у вашому регіоні. Настав час ближче познайомитися з кожним із них.

У наступних підрозділах вам пропонується опис кожного з сузір'їв, що більш чи менш упевнено можна спостерігати на широтах України. Звернемо увагу на історію сузір'я та його назву, розповімо про найцікавіші його об'єкти, які можна спостерігати неозброєним оком або за допомогою порівняно простого спостережного інструментарію. Звичайно, якщо ви маєте хоча б невеликий телескоп — ваші шанси отримати задоволення від таких спостережень значно зростають. А якщо ні — не страшно, це стане приводом замислитися над його виготовленням власними руками!




*Вигляд зоряного неба 1 жовтня о 22 годині за місцевим часом*




*Вигляд зоряного неба 1 жовтня о 22 годині за місцевим часом*

## *Andromeda (Андромеда)*

Сузір'я Андромеди було одним із перших, що отримало свою назву. Його відкриття історики датують часами культур у межиріччі Тигру та Євфрату. Героїня з ім'ям Андромеда вперше зустрічається у манускриптах сьомого століття до нашої ери, а також у п'єсах Софокла, датованих п'ятим століттям до нашої ери.

Сузір'я Андромеди пов'язане з декількома іншими міфологічними персонажами, на честь яких теж названі сузір'я. Її батько Цефей та мати Кассіопея були правителями старовинної держави на африканському узбережжі. Кассіопея була дуже вродливою, але також дуже чванливою — слабкість, що часто призводить до непорозумінь та проблем з богами. Коли Кассіопея мала необачність заявити, що вона вродливіша за морських німф — нереїд, Посейдон наказав страшному Киту спустошити узбережжя їхньої країни. Цефей та Кассіопея звернулися за порадою до оракула, який сповістив їм страшну звістку: єдиною можливістю врятувати країну було принесення їхньої доньки Андромеди у жертву морському чудовиську.

Батьки прикували свою доньку ланцюгом до скелі і залишили на поживу Киту. Але в цей самий час Персей повертався зі свого поєдинку з Медузою Горгоною, чий погляд умить обертав людину на камінь, і побачив прикуту Андромеду. Він спустився до узбережжя якраз тоді, коли Кит уже збирався з'їсти царівну. Персей наказав Андромеді закрити очі та витяг зі своєї сумки голову Медузи. Кит побачив її, скам'янів та миттєво потонув.

Більшу частину персонажів, про яких ішла мова у цій легенді, відображено на сучасному зоряному небі. Так, окрім Андромеди, сузір'я названі на честь Цефея, Кассіопеї, Персея, Кита.

Головна зірка Андромеди носить ім'я Альферац. Проте цікавішою є Гамма цього сузір'я — Алмак. Це — красива подвійна зірка із компонентами 2,2 (золотого кольору) та 5 (біло-блакитного кольору) зоряної величини. У середні телескопи помітно, що слабкіший компонент у свою чергу є подвійним та складається з двох зірок 5-ї зоряної величини.

Проте найвідоміший об'єкт цього сузір'я (і чи не всього північного зоряного неба!), безперечно — Велика Туманність Андромеди (М31), що насправді є спіральною галактикою, дуже схожою на наш Молочний Шлях. Це — найвіддаленіший об'єкт зоряного неба, який можна спостерігати неозброєним оком. Галактики М32 та М110 є слабкішими супутниками галактики М31. Щоб їх спостерігати, потрібен телескоп.

### *Aquarius (Водолій)*

Водолій, одне з найдавніших сузір'їв зоряного неба, був відомий у прадавні часи під кількома назвами. Він розташований у частині неба, що колись називалася «морем» чи «водою», та знаходиться біля таких «водних» фігур-сузір'їв, як Кит, Риби, Козеріг, Дельфін, Південна Риба та Ерідан.

Сузір'я зображає чоловіка або хлопчика, який виливає воду з глечика, хоча насправді навіть людині з добре розвинутою уявою важко побачити хоч якусь фігуру в цих переважно не дуже яскравих зірках, хаотично розкиданих південним осіннім небом. Був час, коли Водолій ототожнювався із Зевсом, що виливав з небес на Землю воду життя. Іноді сузір'я Водолія зображали також як місце, де бере свій початок небесна ріка Ерідан. Трохи пізніше в образі Водолія уявляли Ганімеда — молодого чабана, якого Зевс узяв на Олімп прислужувати богам. Назви деяких зірок у цьому сузір'ї пов'язані з доброю долею. Можливо, причина цьому — волога та родючість землі, яку приносили сезони дощів на Середньому Сході. Водолій є першим сузір'ям у китайському та індійському календарях, і в обох випадках він асоціюється із водою.

Найпомітніші зірки цього сузір'я — Садалмелік (у перекладі з арабської — «улюбленець правителя», $\alpha$ Aqr) та Садалсуд (арабське — «щасливіший серед щасливих», $\beta$ Aqr). Насправді саме друга зірка є найяскравішою в цьому сузір'ї.

Сузір'я Водолія не має красивих відкритих зоряних скупчень, але в ньому розташовані три кульові скупчення, доступні спостереженням за допомогою аматорських інструментів. Це — скупчення M2, відкрите у 1764 році, що є дуже легким для маленьких інструментів (воно розташоване за кілька градусів на північ від зірки $\beta$ Aqr), а також менш яскраві об'єкти M72 та NGC 7492. У цьому сузір'ї є також кілька планетарних туманностей та галактик, але всі вони не дуже видовищні у невеличкі телескопи.

У сузір'ї Водолія знаходяться радіанти («джерела») двох метеорних потоків — Ета Аквариди з максимумом у 20 метеорів на годину близько 4 травня та Дельта Аквариди з максимумом близько 20 метеорів на годину близько 28 липня.

### *Aquila (Орел)*

Сузір'я Орла, що зображається у вигляді птаха приблизно від 1200 року до н. е., вважається небесним утіленням того самого птаха, що тримав блискавки Зевса, поки вони йому не знадобляться. Проте легендарний Орел отримував від Зевса й інші завдання. Так, саме він викрав молодого Ганімеда, коли той пас свої стада на схилах гори Іда, і приніс його на вершину Олімпа. Три

найяскравіші зірки Орла фігурують в індійській міфології як відбитки ніг бога Вішну.

У японській, корейській та китайській міфології найяскравіша зірка Орла — Альтаїр — вважається образом міфічного пастуха Чієн Ніу, що закохався в дочку правителя Чі Ню (у японських міфах її ім'я Танабата), яку символізує на небі зірка Вега (сузір'я Ліри). Вони одружилися, але настільки любили одне одного, що через це не виконували деякі обов'язки та не шанували деякі звичаї. Тож правитель наказав їм назавжди залишатися по різні боки небесної ріки (Молочний Шлях) та зустрічатися тільки один раз на рік у сьомий день сьомого місяця, і тільки ясної ночі. Японці до цього часу святкують фестиваль Танабата.

Найяскравіша зірка сузір'я Орла — Альтаїр — одна з найпомітніших на зоряному небі. Альтаїр є однією з вершин так званого літнього трикутника (разом із Вегою та Денебом). Зірка η Aql є однією з найяскравіших цефеїд. Вона змінює свій блиск від 4,5 до 3,7 зоряної величини з періодом у 7,17644 діб.

Орел знаходиться у досить цікавій ділянці неба, через яку проходить Молочний Шлях. Тому темними ночами наприкінці літа не пропустіть можливість роздивитися ці зоряні розсипи у бінокуляр або телескоп із невеликим збільшенням. Серед цікавих об'єктів можна також відзначити розсіяне зоряне скупчення NGC 6709, у якому навіть невеличкий телескоп дозволить нарахувати не менше 40 зірок. Це скупчення віддалене від Землі на 3100 світлових років.

## *Aries (Овен)*

Овен, друге найменше сузір'я Зодіаку, що складається переважно з непримітних зірок, є предметом історичних та міфологічних сюжетів, початок яких загублений у століттях. Це — символ барана, розмноженням якого жили кочові племена Середнього Сходу, а потім і більш осілі землероби. Зодіакальний символ Овна представляє його голову та роги. Єгиптяни середини другого тисячоліття до н. е. уявляли це сузір'я у вигляді барана — символа їхнього головного бога Амона Ра.

Для давніх греків ця група зірок символізувала ту вівцю, з якої було взяте золоте руно. У різних джерелах цей міф викладається по-різному. Так, в одному з варіантів розповідається, що у царя Атамаса було двоє дітей — Фрікс та Гелле. Коли його жінка померла, вони були ще зовсім маленькими. Цар одружився знову, але його друга дружина ненавиділа дітей та поводилася з ними дуже жорстоко. Богові Гермесу стало жаль їх, і він від-

правив магічну вівцю з золотою вовною, щоб урятувати дітей. Побачивши вівцю, діти сіли їй на спину, й вони разом злетіли на небо. Та коли летіли, Гелле втратила рівновагу і впала в протоку, яку греки називають Геллеспонт, або «море Гелле» (нині вона відома нам як Дарданелли). Фрікс же був доставлений до Колхіди, де знайшов притулок. Магічну вівцю принесли в жертву, а її руно, доки його не вкрав Ясон з аргонавтами, охороняв дракон.

Головна зірка Овна — Гамаль — бере своє ім'я від арабської назви самого сузір'я. Разом із зірками β (Шератан) та γ (Мезартім) вона утворює трикутник, що, як правило, допомагає розпізнати сузір'я. Остання з них — подвійна, що її легко спостерігати у маленькі аматорські інструменти.

### *Auriga (Візничий)*

Це сузір'я було серед перших, що отримали свої назви, проте напевне походження саме його назви невідоме. Його, як правило, зображають у вигляді візничого та ототожнюють із римським богом Вулканом або його сином — обидва були кульгавими. Вважалося, що саме один із цих героїв винайшов колісницю для того, щоб йому легше було пересуватися.

Ця група зірок також довго асоціювалася з пастухами, які пасли стада кіз. Можливо, саме через комбінацію цих двох уявлень Візничого на старовинних мапах часто зображали із маленькою козою на одному плечі (що була представлена яскравою зіркою Капеллою) та кількома дітьми на іншому. Візничий в цілому, а особливо Капелла, уявлялися греками, як небесне втілення тієї міфічної кози Амальтеї, що вигодувала Зевса. Коли маленький бог грався з Амальтеєю, він зламав їй один із рогів. Пізніше саме той ріг став прототипом рога достатку.

В Індії Капеллу вважали «серцем Брахми», тоді як у Перу її називали Колка і також пов'язували з пастухами. Схід Капелли рано ввечері над північно-східним горизонтом є ознакою початку осені та скорого сходження зимових сузір'їв Оріона та Тельця.

Альфа цього сузір'я — Капелла — є шостою за своїм блиском зіркою земного зоряного неба та однією з найвідоміших. Ця зірка є найближчою до небесного полюса зорею першої величини, і її можна спостерігати в Північній півкулі в різні моменти протягом ночі майже цілий рік, що робить її дуже важливою для навігації. Це — подвійна зірка, але її компаньйона можна спостерігати тільки за допомогою досить великих телескопів.

У сузір'ї Візничого розташовані три об'єкти каталога Месьє, що досить легко спостерігаються в невеликі інструменти. Так, M36 — досить велике (біля 0,2 градуса) розсіяне зоряне скупчен-

ня приблизно 6-ї зоряної величини. Воно об'єднує близько 60 зірок та знаходиться за3700 світлових років від Землі. Майже таке ж за своїм блиском, розсіяне скупчення M37 є групою зі 150 зірок, що зібралися на ділянці неба поперечником у третину градуса. M38, теж майже з третину градуса розміром, об'єднує близько 100 зірок та має 7-у зоряну величину. Як і попередній об'єкт, NGC 2281 є розсіяним скупченням близько 7-ї величини, що нараховує до 30 зірок. Візничий є також місцем розташування декількох туманностей. Найяскравіша з них — IC 405 — має 6-у зоряну величину й знаходиться за кілька градусів на захід від M36 та M38.

### *Boötes (Волопас)*

Багато історій та міфічних сюжетів пов'язані з цим цікавим сузір'ям і особливо з його найяскравішою зіркою — Арктуром, що є четвертою за блиском на земному зоряному небі. Взагалі колись усе сузір'я було відоме саме під цією назвою — Арктур.

Одна легенда розповідає, що Волопас був сином Деметри, богині землеробства. Саме йому приписують винахід плуга, за що він і був увічнений на небі. В іншому міфі Волопас був сином Зевса та Каллісто. Каллісто, яку перетворила на ведмедицю ревнива дружина Зевса Гера, була в небезпеці — її власний син міг убити її під час полювання. Тож Зевс урятував свою кохану, помістивши її на небо у вигляді сузір'я Великої Ведмедиці. Поряд із ним і розташований Волопас, а ім'я Арктур походить від грецького «охоронець ведмедів». На деяких зображеннях Волопас тримає Гончих Псів та з їх допомогою веде Велику та Малу Ведмедицю навколо Полюса.

Давні єгиптяни вважали зірки, що не заходять за горизонт, диявольськими. І група зірок, що нам відома як сузір'я Волопаса, їм уявлялася втіленням жорстокої богині, чиїм обов'язком було тримати диявольські зірки над горизонтом.

Серед зірок Волопаса, окрім уже добре відомого нам Арктура, треба звернути увагу на зірку Іцар (ε Boo). Це потрійна зірка, два компоненти якої можна спостерігати за допомогою невеликих телескопів. В окуляр їх видно як пару, що складається із золотої (більш яскравої) та зеленуватої зірок. Перша з них сама собою подвійна, проте її компоненти знаходяться надто близько, щоб їх можна було спостерігати в телескоп. Відомий дослідник подвійних зірок О. Струве вважав Епсілон Волопаса однією з найкрасивіших подвійних зірок неба. Ця пара також відома під назвою Пульчерріма (від латинського «найкрасивіша»).

У північній частині Волопаса знаходиться радіант метеорного потоку Квадрантиди, що близько 4 січня в максимумі проявляє активність у 40—80 метеорів на годину.

### *Camelopardalis (Жирафа)*

Жирафа — це порівняно сучасне сузір'я в північній частині зоряного неба, яке було створене в першу чергу для того, щоб заповнити досить велику ділянку неба із більшістю непримітних зірок, оточену відомими сузір'ями Великої Ведмедиці, Візничого, Персея, Кассіопеї та інших. Уперше воно згадується у 1624 році в працях німецького астронома Якоба Бартша, який дав також назву сузір'ям Голуба та Єдинорога.

Жирафа є одним із найбільших сузір'їв північної сторони зоряного неба, проте найяскравіші його зірки мають усього 4—5-ту зоряну величину та не мають власних імен.

У сузір'ї Жирафи розташовано кілька об'єктів далекого космосу. Так, розсіяне скупчення NGC 1502, що лежить від нас на відстані у 3750 світлових років, є групою із близько 15 зірок, найяскравіші з яких мають 5-ту зоряну величину. Спіральну галактику NGC 2403 8-ї зоряної величини теж можна спробувати спостерігати у посередні аматорські телескопи.

Сузір'я Жирафи цікаве також тим, що на його межі із сузір'ям Персея знаходиться радіант одного з найвідоміших метеорних потоків — Персеїди.

### *Cancer (Рак)*

Попри те, що сузір'я Рака — найнепримітніше серед зодіакальних, воно є одним із найвідоміших. Близько двох з половиною тисяч років тому Сонце сягало свого найвищого положення на небі (сьогодні ми називаємо це літнім сонцестоянням) саме тоді, коли знаходилося в цьому сузір'ї. 21 червня кожного року Сонце стоїть в зеніті на широті 23,5° на північ. Ця паралель становить північну межу тропіків та носить назву Тропік Рака. В наші часи Сонце 21 червня знаходиться у сузір'ї Близнят, проте історична назва тропіка збереглася.

Деякі історики вважають, що за прадавніх часів ця ділянка неба символізувала рака тому, що саме тут Сонце припиняло свій рух догори та починало рухатися у зворотному напрямку, як рак. У греко-римській міфології Рак символізував того гігантського Рака, котрого ревнива Гера посилала перемогти Геракла під час його битви з Лернейською Гідрою. Геракл убив Рака, і Гера забрала його до себе на небо. Проте богиня не дала йому яскравих зірок через те, що він не виконав її завдання.

Деякі частини сузір'я Рака мають свою власну історію. Наприклад, зірки четвертої величини γ та δ Cnc мають назви Азеллус Бореаліс та Азеллус Аустраліс (що з латини означає — північний та південний віслюк). За легендою — це ті самі віслюки, на яких

боги Діоніс та Сілен їхали на битву з титанами. Боги перемогли, а їхні віслюки були увічнені на небі у вигляді двох зірок.

Майже посередині між цими зірками знаходиться ще один дуже примітний та відомий об'єкт. Це — розсіяне зоряне скупчення M44 «Ясла». Історія розповідає нам дві легенди, що пояснюють цю назву. Перша з них говорить, що це скупчення — утілення тих ясел, із яких годуються два небесні віслюки. Друга з них більш романтична. Прозорої темної ночі «Ясла» можна бачити навіть неозброєним оком. Тож у давнину вважали, що ця маленька крапля світла на темному оксамиті нічного неба — вікно у рай. Саме звідси душі колись померлих вибирають собі нове земне втілення, і саме через це вікно вони спускаються назад на Землю. Це — ясла людських душ.

Зоряне скупчення M44 відіграло також важливу роль в історії сучасної астрономії. Так, раніше воно вважалося хмарою міжзоряного газу. Коли Галілей направив на нього свого телескопа, він довів, що це — зоряне скупчення, тим самим указавши на хибність загальновизнавної на той час моделі Всесвіту за Арістотелем.

Серед інших об'єктів сузір'я Рака слід згадати подвійну зірку $\zeta$ Cnc, що навіть у невеликі телескопи розділяється на два жовтогарячі компоненти приблизно 5,5 зоряної величини кожний. Ще одне розсіяне зоряне скупчення, M67, можна спостерігати за кілька градусів від зірки Акубенс (Альфа Рака). Воно об'єднує близько 65 зірок та лежить на відстані 2 700 світлових років від Землі.

## *Canes Venatici (Гончі Пси)*

Гончі Пси — помічники Волопаса в полюванні та в його небесній місії: берегти Ведмедиць та вести їх навколо небесного Полюса. Це — майже сучасне сузір'я, що було введене в астрономічну практику у 1687 році польським астрономом Гевелієм. У своєму атласі, що був виданий його дружиною у 1690 році, він помістив нові сузір'я на ті ділянки неба, де їх раніше не було. Сім із його нововведень залишилися в сучасному розподілі неба.

Сузір'я Гончих Псів позначене на небі головним чином двома зірками 3-ї та 4-ої зоряної величини, що лежать дещо лівіше під ручкою ковша Великої Ведмедиці, ближче до Волопаса. Яскравіша з цих зірок, $\alpha$ CVn, має назву Кор Каролі (або Серце Карла) на честь англійського монарха Карла II. В атласах того часу цю зірку зображали не крапкою, як завжди, а у вигляді серця, що було увінчане королівською короною. Гевелій називав цю зірку Астеріон («перша серед зірок»). Ці величні назви не випадково дали саме цій зірці — вона є однією з найкрасивіших подвійних. Навіть у маленькі телескопи можна розпізнати два її компоненти, яскравішиий з яких має жовтогарячий колір, а іншому властивий синюватий (навіть трохи фіолетовий) відтінок!

У сузір'ї Гончих Псів розташовано кілька об'єктів каталога Месьє. Найвідоміший з них — це галактика M51 «Водоверть». У невеличкі телескопи вона виглядає, як розмита світла пляма, а в більші можна спостерігати деталі цієї галактики разом із її супутником. Ця галактика була першим об'єктом, яка за даними досліджень, має спіральну структуру. Також можна спробувати спостерігати спіральні галактики M63 та M106, що мають 9 зоряну величину.



*Спіральна галактика M51 «Водоверть» у сузір'ї Гончих Псів. Фото: Canada/France/Hawaii Telescope*

### *Canis Major (Великий Пес)*

Сузір'я Великого Пса було відоме з прадавніх часів. Від самого початку ця назва стосувалася головним чином Сіріуса — найяскравішої зірки сузір'я та всього земного зоряного неба. Міфологічні витоки назви цього сузір'я досить складні. Так, у греко-римській міфології майже кожний собака ототожнювався з цим сузір'ям. Разом із Малим Псом, що знаходиться поруч трохи вище, Великий Пес вважався мисливським собакою Оріона.

Ім'я Сіріус походить від грецького *seirios*, що означає «велика спека». Ця зірка відігравала дуже важливу роль у житті давніх єгиптян. Щорічний розлив Нілу припадав якраз на ту пору, коли на світанку починав сходити Сіріус. Повінь та підвищення родючості земель долини Нілу пов'язували з поверненням із мертвих муміфікованого бога Осіріса.

Зі спекотною погодою пов'язана ще одна історія цієї зірки. В одному з середньосхідних варіантів Сіріус носив ім'я Канікула. Він починав сходити саме тоді, коли, як правило, очікувалася найспекотніша погода. Схід Канікули знаменував період, коли через спеку припинялися заняття — звідси й пішло улюблене всіма слово канікули.

Сіріус — найяскравіша зірка на земному зоряному небі — є подвійною зіркою. Його компаньйон — білий карлик, що обертається навколо головної зірки з періодом близько 50 років. Часто його називають Щеня. Велика таємниця, що продовжує непокоїти сучасних астрономів, пов'язана з кольором Сіріуса. У стародавніх записах біля 2000 років тому збереглися свідчення про «червоний» та «мідний» відтінки цієї зірки, тоді як нині (а також і в записах тисячолітньої давності) він є білим із блакитним відтінком. Можливим поясненням цьому дивному факту може бути припущення, що дві тисячі років тому карлик-компаньйон був червоним гігантом. Проте така швидкість еволюції цієї зірки не здається реальною.

Серед об'єктів сузір'я Великого Пса слід перш за все відзначити розсіяне скупчення М41, що лежить за чотири градуси на південь від Сіріуса. Прозорої темної ночі його можна спостерігати навіть неозброєним оком як розмиту зірку 6-ї величини. Скупчення об'єднує близько 50 зірок 7-ї величини на ділянці неба, що наближається за площею до повного місячного диска.

### *Canis Minor (Малий Пес)*

Малий Пес вважається другим мисливським собакою величного Оріона. Деякі вважають, проте, що це зовсім не мисливський собака, а маленьке щеня, яке віддано йде зоряним небом слідом за Оріоном — своїм хазяїном.

Малий Пес є одним із найменших сузір'їв зоряного неба. Його легко знайти між Сіріусом та Близнятами — Кастором та Поллуксом. Головна зірка цього сузір'я — Проціон, що у перекладі з грецької означає «перед собакою». Ця зірка названа так тому, що вона розташована вище та передує сходу Сіріуса. Як і Сіріус, Проціон має компаньйона — білого карлика.

У сузір'ї Малого Пса немає об'єктів далекого космосу, що можуть легко спостерігатися у невеликі аматорські телескопи.

### *Capricornus (Козерог)*

Сузір'я Козерога — друге після Рака найнепримітніше з сузір'їв Зодіаку. Проте воно, напевне, є найстарішим із тих, що були першими виділені на зоряному небі. Зображення козла, або рибикозла, було знайдено на вавилонських табличках, що мають історію в три тисячі років, а походження цього персонажа взагалі губиться у лабіринтах тисячоліть.

Область неба, де лежить Козерог разом із кількома іншими «водними» сузір'ями, як ми вже знаємо, з прадавніх часів носила назву «небесного моря». Близько двох тисяч років тому в момент зимового сонцестояння Сонце знаходилося саме в Козерозі, тому,

за аналогією з сузір'ям Рака, паралель, що має широту 23,5 градуса на південь, носить назву Тропіка Козерога.

Відповідно до іншого міфа, сузір'я Козерога являє собою (знову ж таки аналогія з Раком — Яслами, — але протилежна!) браму богів, через яку душі померлих покидають Землю.

Досить часто Козерога зображають як козла або напівкозла, напіврибу. Деякі легенди пов'язують цього козла з міфічною козою Амальтеєю. У ряді стародавніх джерел говориться, що Сонце, яке всередині зими знаходилося в цьому сузір'ї, ніби годувалося в цієї кози перед тим, як розпочати свою ходу вгору назустріч літу.

Головна зірка цього сузір'я — Альгеді, що в перекладі з арабської означає «дитина». Це подвійна зірка. Насправді два її компоненти з блиском 4,2 та 3,6 зоряної величини знаходяться досить далеко один від одного у Всесвіті, проте лежать досить близько на земному небі, утворюючи так звану оптичну подвійну зірку.

Найпримітніший об'єкт далекого космосу в цьому сузір'ї — це кульове зоряне скупчення M30, що лежить за 4-и градуси на схід та трохи південніше від зірки ζ Cap. На перший погляд воно нагадує розмиту зірку 6—7-ї зоряної величини. Проте якщо придивитися, то можна побачите щільне скупчення багатьох зірок. Воно віддалене від Землі на 41 000 світлових років.

### *Cassiopeia (Кассіопея)*

За легендою Кассіопея була дружиною Цефея та царицею однієї з земель на африканському узбережжі. Ми з вами вже знайомі з міфом, який пов'язує долю Цефея, Кассіопеї та їхньої доньки Андромеди з Персеєм — рятівником останньої.

Інша легенда каже, що Кассіопея була прикута до свого трону та відправлена на небо обертатися навіки навколо Полюса. Нагадаю, що ця цариця була дуже вродливою та чванливою і своєю чванливістю розлютила богів.

Згадаємо, що єгиптяни вважали всі сузір'я, що не заходять за горизонт, диявольськими. Група зірок, що ми тепер називаємо сузір'ям Кассіопеї, у стародавньому Єгипті була відома як Нога, що керувалася богом Сетом, братом і вбивцею Осіріса.

Кассіопея є одним із найвідоміших сузір'їв, яке дуже легко знайти на північному зоряному небі. Для спостерігачів, що знаходяться на північ від 50-ї паралелі, воно належить до сузір'їв, які не заходять. Головна зірка цього сузір'я має ім'я Шедар, що в перекладі з арабської значить «тварина».

Сузір'я Кассіопеї є досить багатим на об'єкти далекого космосу. Розсіяні зоряні скупчення M52 та M103 з майже однаковим блиском (перше об'єднує понад сотню зірок, друге — трохи менше) —

найяскравіші з них. Ще більше десятка скупчень дуже важко спостерігати через Молочний Шлях, що проходить крізь сузір'я. Доступні спостереженням також і дві дифузні туманності — IC 1805 (6-ї зоряної величини) та IC 1848 (трохи слабша за блиском).

### *Centaurus (Центавр)*

Сузір'я Центавра являє собою одного з двох небесних кентаврів — міфічних створінь, напівлюдей, напівконей. Другий з них — це Стрілець (хоча насправді навпаки — Стрілець, як зодіакальне сузір'я, напевне, був першим). У грецьку міфологію кентаври скоріш за все потрапили з індійських легенд. Пізніше ці створіння стали втіленням північних народів, яких греки визнавали неграмотними варварами та напівлюдьми.

Історики вважають, що небесний Центавр — це втілення Хірона, найрозумнішого з людей, що був навіть розумнішим, ніж боги. Саме він вважається вчителем таких відомих героїв, як Ясон, Ахілл, Геракл. Відповідно до ранніх грецьких міфів Хірон був першою людиною, яка розділила небо на сузір'я та навчила читати зорі собі подібних. Він помістив своє зображення на небо, щоб указувати шлях аргонавтам під час їхньої подорожі за золотим руном.

Хірон, що таким чином став безсмертним, був випадково поранений Гераклом стрілою, забрудненою отруйною кров'ю Гідри. Через те, що він не міг померти, Хірон був приречений на тисячолітні страждання. Він попросив богів дати йому померти та в обмін на його життя відпустити Прометея — титана, який украв у богів вогонь та приніс його людям. Нарешті Зевс погодився й дозволив Хірону померти, але захотів увічнити Хірона на небі. Північне небо було вже вщерть заповнене, тож найрозумніший серед розумних став Центавром у Південній півкулі зоряного неба Землі.

Головна зірка сузір'я Центавра — Рігель Кентаурус — у перекладі з арабської означає «нога кентавра» (не сплутайте з Рігелем із сузір'я Оріона!). Менш розповсюджене інше ім'я цієї зірки — Толіман, що з арабської перекладається як «страус». Альфа Центавра — це потрійна зірка, відома тим, що є нині найближчою до нашої Сонячної системи.

### *Cepheus (Цефей)*

Із Цефеєм, царем Етіопії (не плутати із сучасною Ефіопією), ми вже знайомі з розповідей, присвячених сузір'ям Андромеди та Кассіопеї, — його доньки та дружини.

Найяскравіші зірки Цефея не дуже примітні, мають блиск 2—3-ї зоряної величини, проте це сузір'я було відоме протягом тисячоліть. Форма сузір'я являє собою пентаграму, що нагадує дитя-

чий малюнок будинку із крутим дахом. Найлегший спосіб знайти це сузір'я — це продовжити на захід лінію, що утворюють зірки Альфа та Бета Кассіопеї.

Головна зірка Цефея — Альдерамін, що у перекладі з арабської значить «плече». Друга за своїм блиском у сузір'ї, Бета Цефея — Альфірк, або «стадо баранів», є подвійною зіркою з компонентами 3,3 та 8,0 зоряної величини. Цікава зірка Дельта Цефея, що стала прототипом цілого класу змінних зірок — цефеїд, про які йшлося у розділі «Галактики». Блиск родоначальниці змінюється від 3,90 до 5,09 зоряної величини із періодом у 5,366341 доби. Ще одна дуже цікава зірка сузір'я Цефея — це μ Сер, що носить ім'я Гранатової зірки. Ця зірка — одна з тих, що мають найінтенсивніший, глибоко червоний колір. Навіть беручи до уваги те, що її можна спостерігати неозброєним оком, її колір стає очевидним тільки при спостереженнях за допомогою телескопа. І ще один цікавий факт — Мю Цефея є найближчою зіркою до полюса світу на Марсі і грає на цій планеті роль Полярної зірки.

### *Cetus (Кит)*

Серед найперших сузір'їв, що були виділені на зоряному небі ще за прадавніх часів, сузір'я Кита займає велику площу на ділянці неба поряд із іншими «водяними» сузір'ями — це сусідство ми вже не раз згадували в попередніх матеріалах. Кит — одне з найбільших сузір'їв за своєю площею (більшу площу мають лише Велика Ведмедиця, Діва та Гідра). Попри це, зі своїми найяскравішими зірками другої величини це сузір'я є досить непримітним.

Прадавні цивілізації Месопотамії ідентифікували цю групу зірок із Тіаматом, космічним драконом, якого вбив герой Мардук. У класичній міфології Кит вважається втіленням морського монстра, що загрожував Андромеді. У наш час це сузір'я зображують у вигляді кита, тоді як у давнину в його зображеннях можна було знайти дуже багато різновидів здебільшого фантастичних морських чудовиськ.

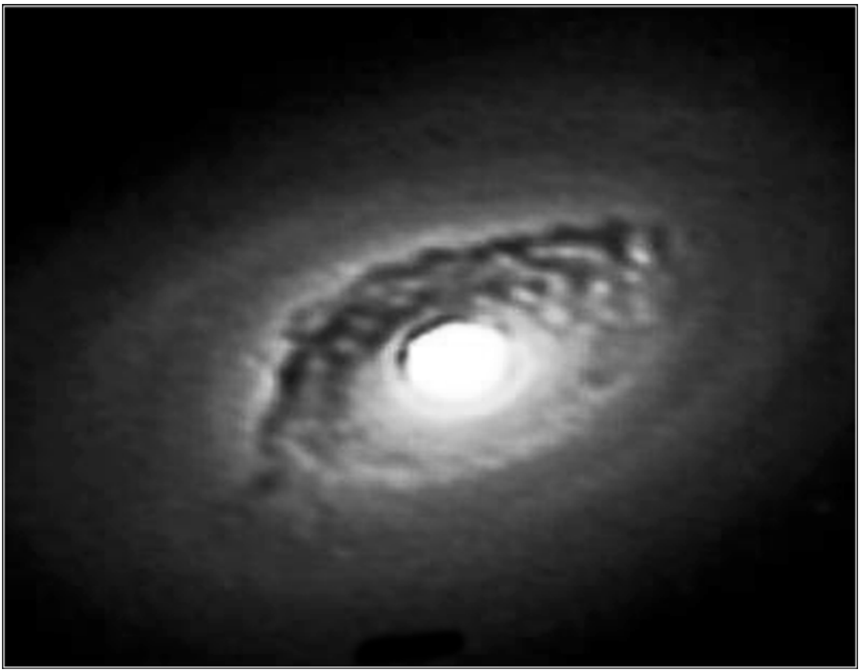
Сузір'я Кита тягнеться зоряним небом майже на 50 градусів, починається овалом із зірок — головою — біля сузір'їв Тельця та Візничого та йде далі на південний захід у сторону Водолія. Через те, що Кит лежить далеко від площини Молочного Шляху, галактичні пил та газ менше заважають спостереженням слабких об'єктів далекого космосу в цьому напрямку. Так, у сузір'ї Кита видно понад 25 галактик, яскравіші за 12-у зоряну величину.

Головна, але не найяскравіша за блиском зірка Кита — Менкар у перекладі з арабської означає «ніс». За блиском її перевищує зірка β Cet — Денеб Каїтос, або «хвіст кита» (перше слово — пере-

клад з арабської, друге — з грецької). Проте найвідоміша зірка у цьому сузір'ї, безперечно, о Сеt, що носить ім'я Міра або «дивна». Це була перша змінна зірка, згадана у 1596 році німецьким астрономом Давідом Фабріціусом, син якого Йоганнес пізніше зробив перші спостереження сонячних плям. Ім'я Міра вперше з'явилося в публікації Гевелія у 1662 році. Тільки після кількох десятиліть спостережень іншими астрономами стали відомими деталі змінної поведінки цієї зірки. Якщо ми згадаємо, що за середньовічними уявленнями зоряне небо незмінне та вічне, стане зрозуміло, якою важливою подією було відкриття змінності Міри і як це вплинуло на підтримку коперниканської революції у сприйнятті Всесвіту.

### *Coma Berenices (Волосся Вероніки)*

Невеличке за розміром, з непримітними, не досить яскравими зірками, це сузір'я не дуже виділяється на зоряному небі. Попри те, що його конфігурація була вперше вказана в каталозі Тіхо Браге 1602 року, сузір'я Волосся Вероніки є досить давнім та пов'язане з однією з найромантичніших історій.



*Спіральна галактика М64 у сузір'ї Волосся Вероніки*

Сталося це за часів, коли Єгиптом правив цар Птолемей III Евергет (246—221 роки до н. е.) та його дружина цариця Вероніка II. Обидві фігури є реальними; саме за часів Птолемея III та його батька єгипетське місто Александрія з його знаменитою бібліотекою стало інтелектуальною столицею світу.

Приблизно у 243 році до н. е. Птолемей Евергет вдався до сумнівної та ризикованої військової експедиції, щоб відплатити ассірійцям за вбивство своєї сестри. Вероніка, яка завжди захоплювалася своїм довгим красивим золотим волоссям, поклялася перед богами принести його в жертву заради того, щоб її коханий чоловік повернувся живим. Так і сталося. Тож Вероніка зрізала своє волосся та поклала його в храм Афродіти, богині краси. Тієї ж ночі волосся зникло, і це викликало обурення царя та цариці. Щоб урятувати ситуацію (та, напевне, й життя жриць храму), придворний астроном Конон заявив, що дарунок здобув настільки велику приязнь богині, що вона, замість того щоб берегти у своєму храмі, забрала його до себе на небо, аби усі могли ним милуватися. І він показав на ділянку неба між сузір'ями Лева та Волопаса, що начебто схожа на волосся.

Більшість зірок цього сузір'я є частиною досить близького до нас розсіяного зоряного скупчення, що віддалене від Землі на 270 світлових років. Воно не внесене до жодного з каталогів, тому що його зірки «розкидані» на досить значній ділянці неба поперечником близько 5 градусів.

Коли ви дивитесь на сузір'я Волосся Вероніки, то ваш погляд направлений на північ, перепендикулярно площині нашої Галактики. Це дозволяє спостерігачам без зайвих обмежень з боку галактичних пилу та газу побачити феєричну картину з багатьох сотень інших галактик.

Єдине порівняно яскраве кульове зоряне скупчення — M53 — має блиск 8-ї зоряної величини та розташоване в 65 000 світлових років від нас. Більшість з десятків галактик, що спостерігаються у Волоссі Вероніки, лежать у межах 10° південніше від зірки Гамма цього сузір'я. Найяскравіші з них є об'єктами каталога Месьє, як, наприклад, M64 — спіральна галактика 9-ї зоряної величини, що відома як Галактика Чорне Око.

### *Corona Borealis (Північна Корона)*

Північна Корона належить до найменших сузір'їв, будучи при цьому дуже красивим — його форма дійсно нагадує корону. Це півколо з зірок 3—4-ї зоряної величини було позначене різними цивілізаціями та народами, породивши не одну красиву легенду.

За класичними уявленнями це — корона Аріадни, доньки Міноса, царя Криту. Кожного року Мінос посилав війська до

Афін та вимагав, щоб йому дали сімох найвродливіших юнаків та сімох найвродливіших дівчат для принесення в жертву страшному чудовиську Мінотавру, що жив у Лабіринті під Кноським замком. Одного року Тесей, син правителя Афін, опинився серед цих сімох юнаків. Коли Аріадна побачила його, вона закохалася і таємно дала йому меч і клубок ниток. Коли Тесей пішов до Лабіринту, він потроху розмотував нитку. За допомогою меча він убив Мінотавра, та, йдучи назад за ниткою, вийшов із Лабіринту. Тесей разом із Аріадною покинув Крит та на одному з островів (з якої причини — існує декілька версій) залишив царівну саму. Бог Діоніс у вигляді людини, з короною на голові, знайшов її та закохався. Вона відмовилася одружитися з ним. Тоді Діоніс зробив їй подарунок: він зняв свою корону і високо підкинув її в небо. Діаманти корони почали мерехтіти зірками, утворивши сузір'я Північної Корони.

Головна зірка сузір'я носить назву Гемма, що перекладається як «перлина». Іноді також використовують більш стару та менш уживану назву — Альфекка, що з арабської перекладається як «найяскравіша».

У південно-західній частині сузір'я Північної Корони знаходиться скупчення, яке налічує понад 400 галактик. Проте жодної з них не можна спостерігати у маленькі або навіть середні телескопи. Відстань до цього галактичного скупчення оцінюється приблизно в мільярд світлових років.

### *Cygnus (Лебідь)*

Сузір'я Лебедя є одним із найбільших та найяскравіших на зоряному небі нашої планети. Воно також цілком схоже як на свою офіційну назву, так і на більш сучасну неофіційну — Північний Хрест. Лебідь перетинає яскравий рукав літнього Молочного Шляху в своєму уявному польоті на південь. Головна зірка Лебедя — Денеб — є однією з вершин великого літнього трикутника.

Лебідь є одним із найперших сузір'їв, що були виділені на небі ще за прадавніх часів. Однак спочатку деякий час ця група зірок відображала курку. У класичній греко-римській міфології вважається, що це сузір'я втілює Зевса у вигляді лебедя, що він використовував, щоб покорити Леду, дружину царя Спарти. Результатом цього зв'язку є, зокрема, близнята Кастор та Поллукс. Інша легенда стверджує, що це Орфей, відомий співак та гравець на лірі, перетворений на лебедя та віднесений на небеса, щоб бути поряд зі своєю Лірою.

Найцікавіша легенда розповідає іншу історію. Був юнак, що дуже любив (за деякими джерелами, був братом) Фаетона, сина

Аполлона, бога Сонця. Одного дня Фаетон попросив батька дозволити йому покерувати сонячною колісницею, та не впорався з кіньми. Коли Зевс побачив, що світу загрожує смертельна небезпека, бо вогняна колісниця, падаючи, могла спалити Землю, він однією зі своїх блискавок убив Фаетона, і той впав у таємничу ріку Ерідан. Той самий юнак шукав тіло друга, щоб поховати його за всіма обрядами. Він пірнув в Ерідан, але теж загинув. Зевсу стало жаль цього юнака, і він переніс його на небо у вигляді Лебедя.

Добре відома нам головна зірка Лебедя носить ім'я Денеб, що арабською означає «хвіст». Друга за своїм блиском зірка — β Cyg — називається Альбірео. Це ім'я є результатом хибного перекладу стародавніх манускриптів. Для неозброєного ока Альбірео — звичайна зірка 3,1 зоряної величини, проте навіть у невеликі телескопи можна розрізнити два її компоненти — яскравіший золотий та компонент блакитного відтінку, що утворюють одну з найкрасивіших пар зоряного неба.

Серед легких для спостережень у маленькі телескопи об'єктів слід згадати розсіяні зоряні скупчення M29 7-ї зоряної величини, що об'єднує близько 20 зірок, M39 5-ї величини, що складається приблизно з 25 зірок, та таке саме за блиском NGC 6871 — групу з 60 зірок.

### *Draco (Дракон)*

Небесний Дракон репрезентував усіх драконів людської міфології, від Тіамат у міфах народів Месопотамії до монстра, якого вбив Святий Георгій. У всіх міфах дракон символізує анархію та хаос.

Можливо, витоки історії сузір'я Дракона знаходяться у вавилонських міфах. Богиня Тіамат відчувала загрозу своїй владі з боку нових богів і створила кількох чудовиськ, які мали допомогти їй боротися з ними, і, зрештою, сама обернулася на дракона. Мардук, вавилонський герой, переміг її, попросивши вітер сильно дмухнути у рот дракону. Тіамат розірвало на два шматки, один із яких став небом, а інший — землею. Напевне, похідним від цієї історії є і грецький міф про битву титанів із новими богами Олімпу. За іншими версіями небесний Дракон є втіленням того самого дракона, що наглядав за золотим руном, або того дракона, що беріг золоті яблука Гесперид, похід за якими був одним із дванадцятьох подвигів Геракла.

Для прадавніх індійців ця група зірок зображала крокодила, а в міфах давніх єгиптян вона фігурувала як крокодил або гіпопотам.

Через своє розташування у більшості північних регіонів сузір'я Дракона ніколи не заходить за горизонт. Головна зірка Дракона,

Тубан (ім’я походить від арабської назви самого сузір’я), тільки нині є звичайною зорею майже 4-ї величини. Чотири тисячі років тому саме Тубан виконував роль Полярної зірки. Тому, наприклад, єгипетські храми були орієнтовані на Тубан.

### *Eridanus (Ерідан)*

Ерідан є другим за довжиною, але лише шостим за площею сузір’ям земного зоряного неба. Його слабкі за блиском зірки були відомі, як небесна ріка, з прадавніх часів. Звичайно, їм і приписувалася місія представляти на небі майже кожну більш-менш відому ріку, проте найчастіше це були Євфрат або Ніл. Ці дві ріки були визначальними в розвитку ранніх цивілізацій Середнього Сходу.

Свого часу Ерідан також ототожнювали з Рікою Океаном — водоймищем, що, як уявляли прадавні люди, оточує цілий світ. У класичній міфології Ерідан вважався втіленням тієї самої ріки, в яку впав убитий Зевсом син Аполлона Фаетон.

Найяскравіша зірка сузір’я Ерідана — Ахернар, що з арабської перекладається як «кінець ріки». У цьому сузір’ї більше немає зірок, яскравіших за 3-ю зоряну величину. Через свої великі розміри Ерідан налічує досить велику кількість об’єктів, проте більшість з них — це доволі слабкі за блиском галактики.

### *Gemini (Близнята)*

Близнята належать до тих небагатьох сузір’їв, що відмічені досить яскравими зірками та дещо схожі на свої назви. Ореол міфів та легенд, що складають його історію, йде далеко у прадавні часи, а саме сузір’я, що, до речі, складає частину Зодіаку, є одним із найвідоміших на небі.

У класичній міфології цими двома близнятами є Кастор та Поллукс, діти Леди, що народилися після того, як її спокусив Зевс-Лебідь. У старовинній римській історії Кастора та Поллукса часто плутали з Ромулом та Ремом, легендарними засновниками Вічного міста. Близнят виховав мудрий кентавр Хірон, потім вони приєдналися до Ясона перед його експедицією за золотим руном. Після приборкання великого шторму, що трапився під час цієї подорожі, Кастор та Поллукс вважаються покровителями моряків.

У Китаї дві зірки, які ми називаємо Кастором та Поллуксом, асоціюються із початками інь та ян — подвійними силами природи.

Альфа цього сузір’я, Кастор, попри своє позначення, не є найяскравішою зіркою Близнят. Для неозброєного ока Кастор уявляється звичайною зіркою з блиском 1,6 зоряної величини. Проте це — система з шести зірок! Через телескоп Кастор виглядає як

щільна пара зірок 2-ї та 3-ї величини на дуже невеликій відстані — всього 2 кутові секунди — із компаньйоном 9-ї величини у 73 секундах дуги. Кожна з цих зірок у свою чергу є подвійною. Найяскравішою зіркою сузір'я є Поллукс, що перевищує Кастора за блиском на половину зоряної величини.

Розсіяне зоряне скупчення M35, що лежить у цьому сузір'ї, є досить яскравим та налічує понад 120 зірок. Воно розташоване за 2 800 світлових років від Землі. Інші об'єкти помітно слабші та не є легкими для спостережень у невеликі телескопи.

### *Hercules (Геркулес)*

Геркулес належить до найдавніших сузір'їв та, безперечно, є одним із найвідоміших на сучасному зоряному небі. Група зірок, що відображає цього відомого героя, пов'язана з іншими сузір'ями багатьма історіями та легендами, витоки яких губляться в глибині віків.

Сам Геркулес (у грецькій міфології — Геракл), напевне, пов'язаний із більш стародавніми легендами про напівсмертних героїв. Можливо, його прототипом міг бути вавилонський герой Гільгамеш. В одній з історій напівсмертний Гільгамеш убив лева та зробив багато подвигів, схожих на вчинки Геракла. В іншій історії Гільгамеш досліджує підводні простори океану та зустрічає Утнапіштіма, старого моряка, що вижив після страшної повені, вчиненої богами. Можливо, саме в його образі ми можемо віднайти прототип біблійського Ноя.

За класичною міфологією, Геркулес — це син Зевса та земної царівни. Ревнива дружина Зевса Гера посилала змій, щоб ті вбили Геркулеса ще дитиною, проте він із надзвичайною легкістю переміг їх усіх. Протягом наступних років він став найсильнішою людиною на Землі. «Завдяки» ненависті своєї мачухи Геракл потрапив у полон, і, щоб здобути свободу, повинен був здійснити 12 подвигів, що становлять чи не найвідоміші сюжети греко-римських міфів.

Пізніше Геркулес одружився на красуні Деянірі. Одного дня її викрав кентавр Несс, але Геркулес, почувши крик коханої, встиг убити його своєю стрілою. Вмираючи, Несс дав дівчині краплину своєї крові і сказав, що вона зможе відновити первинну палкість любові. Проте він збрехав. Коли Деяніра відчула, що Геркулес утрачає любов до неї, вона капнула цю краплину йому на туніку. Одягнувши її, Геркулес помер у страшних муках, бо кров зайнялася полум'ям. Батько Геркулеса, Зевс, забрав його до себе на небо у вигляді красивого сузір'я.

Головна зірка цього сузір'я — Рас Альгеті. При спостереженнях неозброєним оком — це зірка 3-ї зоряної величини. Проте

телескоп допомагає встановити, що це — подвійна зірка, одна з найулюбленіших серед аматорів астрономії. Головний її компонент — червоний гігант, що сусідить зі слабкішою зіркою з зеленуватим відтінком.

Одне з найкрасивіших кульових зоряних скупчень — M13 — теж є об'єктом Геркулеса. Воно — найяскравіше серед кульових скупчень Північної півкулі. Ясної прозорої ночі його можна навіть спостерігати неозброєним оком, проте в телескоп, навіть невеличкий, воно виглядає справді феєрично! Ця сукупність налічує понад 300 000 зірок та лежить від нас на відстані 23 000 світлових років. Ще одне кульове скупчення, менш примітне, ніж M13, — це M92, що теж доступне невеликим аматорським телескопам.

### *Hydra (Гідра)*

Гідра — найдовше та найбільше сузір'я земного зоряного неба, що займає площу понад 1300 квадратних градусів. У середніх широтах це сузір'я сходить над горизонтом протягом шести годин!

За міфічними уявленнями, Гідра — багатоголовий монстр, убити якого було одним із завдань Геракла. У деяких легендах Гідра постає сином Тифона, найстрашнішого та наймогутнішого гіганта серед тих, що воювали з олімпійськими богами. Іноді навіть кажуть, що Гідрою був сам Тифон. Його перемогли тільки тоді, коли винайшли блискавку: Гефест навчився їх робити, а Зевс однією з блискавок убив гіганта. Інша легенда розповідає, що Тифон та його війська були поховані живими під найактивнішим сицилійським вулканом Етною та до цієї пори прагнуть вибратися на світ.

Головна зірка Гідри — Альфард, що в перекладі з арабської значить «самотня». Це — єдина зірка в цьому сузір'ї, що має власне ім'я. Зірка β Hya є подвійною системою, а ε Hya складається з чотирьох компонентів 3-, 5-, 8- та 12-ї зоряної величини!

Розташоване на західній межі Гідри з Єдинорогом, розсіяне зоряне скупчення M48 об'єднує близько 80 зірок. Воно лежить від нас на відстані у 3 100 світлових років, проте є достатньо яскравим для спостережень у біноклі та невеликі телескопи. Дещо слабше за блиском є кульове скупчення M68, що лежить на межі Гідри із Вороном. Спіральна галактика M83, одна з найяскравіших, лежить досить низько та спостерігається хіба що за найсприятливіших умов на півдні України.

### *Leo (Лев)*

Група зірок, яку ми тепер називаємо сузір'ям Лева, асоціювалася з цим хижаком ще за прадавніх часів у культурах Кіммерії, Вавилона, Персії, Сирії, Греції та Риму. У стародавньому китайському

зодіаку вони представляли фігуру коня. Деякі фахівці твердять, що в стародавніх індіанців ці зірки зображали пуму, що стрибає.

Сама причина, чому ці зірки почали пов'язувати з левом, невідома. За однією з версій, це сталося тому, що Сонце знаходилося в цьому сузір'ї протягом найспекотнішої пори року в останні два тисячоліття до н. е., отож його асоціювали з наймогутнішим із відомих хижаків. Прихильники іншої версії стверджують, що леви приходили на береги Нілу під час цієї спеки, і тому сузір'я люди пов'язали з цією твариною.

За грецькою міфологією, ці зірки втілюють Немейського Лева, що впав з Місяця у вигляді метеорита та спустошував землі навколо Коринфу, допоки Геракл його не переміг. Римляни пов'язували це сузір'я з богом виноробства Вакхом, що часто перевдягався у левову шкуру.

Найяскравіша зірка сузір'я Лева довгий час символізувала могутність та владу. Так, її грецьке ім'я Базіліскос (що перекладається як «маленький правитель») збереглося до теперішніх часів у своїй латинській транскрипції. Нині Альфу Лева називають Регул.

Лев належить до тих небагатьох сузір'їв, що хоч трохи нагадують фігуру пов'язаного з ними персонажа. Регул у традиційних зображеннях є серцем Лева, а друга за блиском зірка β Leo на ім'я Денебола — його хвостом. Ще одна досить відома зірка — це Гамма Лева. Дуже симпатична подвійна, в якій два майже однакові золотисто-жовті компоненти розділені відстанню в приблизно 4 секунди дуги.

У сузір'ї Лева знаходиться багато галактик. Найяскравіші з них — це пари спіральних галактик M65 та M66, що мають 10-у зоряну величину та ясної ночі можуть спостерігатися у бінокуляри, та майже такі ж за блиском M95 та M96, що розташовані за 9 градусів на схід від Регула. Північніше останньої пари лежить трикутник, створений галактиками M105, NGC 3384 та NGC 3389.

Над Регулом трохи вправо знаходиться радіант метеорного потоку Леонід, що проявляє свою активність у середині листопада з максимумом близько 16—17 листопада. Протягом звичайного максимуму активність Леонід рідко перевищує 10 метеорів на годину, проте кожні 33 роки цей потік здатний на створення надзвичайних «метеорних штормів» з активністю понад 10 000 метеорів на годину!

### *Libra (Терези)*

Ця група зірок була визнана з давніх-давен, проте за тих часів вона носила назву «клешня» та належала до значно більшого сузір'я Скорпіона. Так, імена зірок Терезів ще нагадують про минуле цього сузір'я.

Історики схиляються до думки, що «самостійність» це сузір'я отримало за часів Римської імперії та здобуло сучасну назву приблизно в той самий період. Саме тоді в день осіннього рівнодення Сонце знаходилося в цьому сузір'ї, день дорівнював ночі — звідти і мотив рівноваги в назві. У дещо давніших єгипетських малюнках це сузір'я теж представлене у вигляді терезів.

Головна зірка Терезів носить ім'я Зубенельгенубі, що арабською означає «південна клешня». Вона — оптична подвійна. Зірки β та γ цього сузір'я теж пов'язані з минулим — їхні імена Зубенешамалі та Зубенелякраб, що означає «північна клешня» та «клешня скорпіона» відповідно.

У сузір'ї Терезів немає об'єктів, доступних для спостереження в невеликі аматорські інструменти.

### *Lyra (Ліра)*

Це маленьке сузір'я, безперечно, є однією з перлин земного зоряного неба! І не тільки через свою яскраву головну зірку та форму, що дуже легко розпізнати, а й через багато історій, що з ним пов'язані.

Дуже давно перші цивілізації Середнього Сходу та Індії бачили у цій групі зірок грифа. Головна зірка, що нині відома нам як Вега, тоді називалася Зіркою-хижаком. Навіть стародавні греки, що бачили в цій групі зірок ліру (або, точніше, кіфару), все одно довгий час зображали її в клешнях фантастичного хижака. За легендою, кіфару винайшов бог Гермес, який одного дня побачив на пляжі порожній черепашачий панцир. Крізь отвори він натягнув сім струн та був зачарований дуже красивими звуками, що вони видавали. Пізніше Гермес продав інструмент Аполлону, а той віддав своєму сину Орфею. Орфей грав на кіфарі настільки майстерно, що навіть камені та найлютіші хижаки зачаровано слухали. Після того як померла його кохана дружина Еврідіка, Орфей попросив бога Аїда відпустити її. Боги погодилися, проте наказали йому не дивитися на неї, допоки вони не вийдуть назовні. Орфей не витримав обіцянки та глянув на Еврідіку вже тоді, коли вони зробили перший крок на сонце — та в долі секунди вона зникла. Орфей вже ніколи не отямився від свого горя. Після своєї смерті він возз'єднався з Еврідікою, а його ліру Зевс помістив на небо як сузір'я.

Ще з однією легендою, що походить з Азії та пов'язує головну зірку Ліри — Вегу — із Альтаїром, ми з вами познайомилися в матеріалі, присвяченому сузір'ю Орла.

З Альфою Ліри — Вегою — ми з вами вже неодноразово зустрічалися. З арабської це ім'я перекладається як «орел», що відби-

ває давнє уявлення про сузір'я як утілення певного хижака. Це — п'ята за своїм блиском зірка на небі Землі та перша у Північній півкулі. Як ви, напевне, пам'ятаєте, Вега є однією з вершин так званого великого літнього трикутника. Зірка δ Lyr є досить красивою подвійною, що легко спостерігається навіть у бінокуляри. Достеменно невідомо, чи це є оптична подвійна, чи ці зірки якось пов'язані одна з одною фізично. Проте найцікавішою, напевне, є зірка ε Lyr. На перший погляд, це — звичайна зірка 4-ї величини (хоча деякі спостерігачі твердять, що здатні бачити її подвійність навіть неозброєним оком). У бінокуляри та маленькі телескопи розрізняються два її компоненти із блиском 4,7 та 5,1. Проте телескоп з діаметром об'єктива 80 та більше міліметрів дозволяє побачити, що кожен із компонентів у свою чергу — подвійний! На довершення до всього $\varepsilon^1$ Lyr є спектрально-подвійною зіркою, тобто ми маємо справу з п'ятірною системою!

Одним із найвідоміших об'єктів північного неба, безперечно, є планетарна туманність M57 «Кільце» у Лірі. Її дуже легко знайти майже посередині між зірками β та γ Lyr. У невеликі телескопи вона виглядає розмитою плямою газу діаметром приблизно 2 хвилини дуги, а в більші телескопи її можна порівняти із кільцем диму. Ще один об'єкт Месьє заслуговує на увагу володарів середніх телескопів — це кульове зоряне скупчення M56 9-ї зоряної величини.

### *Monoceros (Єдиноріг)*

Витоки дивного міфічного створіння — єдинорога, що має один ріг, голову та передню частину тіла коня, задню частину оленя та хвіст лева, — сходять глибоко в давнину, у часи ассірійців (2700—600 роки до н. е.), що іноді зображали його у своїх малюнках. Один зі стародавніх грецьких істориків згадує цю дивну тварину і каже, що це — дикий козел з Індії. Проте сучасні вчені вважають, що образ єдинорога з'явився через хибний опис індійського носорога. Відповідно до легенд про цю тварину, люди, які пили з рога єдинорога, захищені від отруєння та епілепсії.

Сузір'я Єдинорога належить до сучасних. Воно введене німецьким астрономом Якобом Бартшем у 1624 році, через нього проходять як небесний, так і галактичний екватори.

Серед зірок Єдинорога особливої уваги заслуговує Бета цього сузір'я. Це — дуже красива багатозіркова система, одна з улюбленців аматорів астрономії. Неозброєному оку вона здається звичайною зіркою з блиском 3,8 зоряної величини. Проте в телескоп вона розділяється аж на 4 компоненти! β Mon A має блиск 4,7 зоряної

величини, β Mon B за 7″ від неї — 5,4. β Mon C має блиск 6,1 зоряної величини та віддалена від β Mon A на 10″. У більші телескопи можна розрізнити також β Mon D 12-ї величини на відстані 26″ від β Mon A. Ще однією досить яскравою потрійною системою є ε Mon.

Через те що сузір'я розташоване в області, де проходить зимовий Молочний Шлях, у ньому знаходяться багато цікавих та легких для спостережень об'єктів. Так, наприклад, відкрите зоряне скупчення M50 — дуже красива композиція, що складається із майже 100 зірок на тлі міжзоряного газу. Взагалі в Єдинорозі налічується більше 10 скупчень, яскравіших за 9-у зоряну величину.

### *Ophiuchus (Змієносець)*

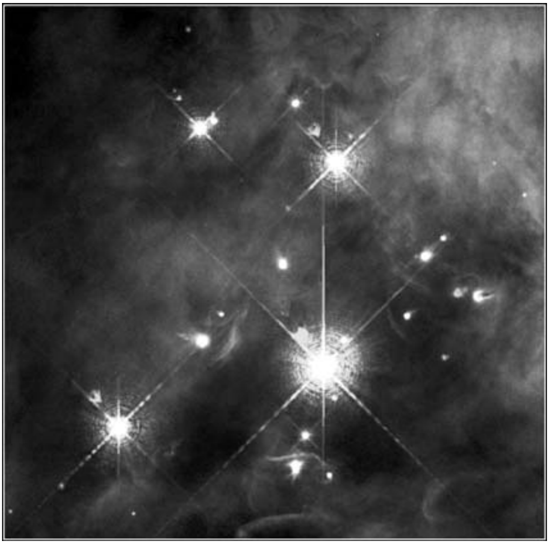
Сузір'я Змієносця, оточене з двох боків зірками сузір'я Змії, зображає, за уявленнями, людину що тримає в руках змію. Його історія простежується щонайменше протягом 4 тисяч років. Змієносець найчастіше ототожнюється з Ескулапом — легендарним природознавцем, відомим як бог медицини. Ескулап був сином Аполлона, його виростив та виховав уже відомий нам кентавр Хірон. Згідно з легендою, Ескулап убив змію, але на диво йому вбиту зцілила інша змія. Так Ескулап дізнався про цілющі можливості природи — відтоді символом медицини стала змія, що оповиває чашу. Майстерність Ескулапа зростала, і він почав воскрешати мертвих. Це дуже збентежило Аїда, бога царства мертвих, який відчув, що одного дня перестане отримувати нові душі. Він переконав свого брата Зевса вбити Ескулапа блискавкою та встановити правило: кожен смертний має одного дня померти. Зевс погодився й убив Ескулапа блискавкою, проте на відзначення його таланту помістив на небо у вигляді сузір'я Змієносця.

Сузір'я Змієносця не містить дуже яскравих зірок. Головна його зірка — Рас Альхаг, що перекладається з арабської як «голова збирача змій». Через свою близькість до Молочного Шляху Змієносець дуже багатий на яскраві та красиві об'єкти. Так, увагу аматора із невеликим телескопом може привернути ціла «колекція» кульових зоряних скупчень — M9, M10, M12, M14, M19, M62 та M107, блиск яких дорівнює або більший за 8-у зоряну величину.

### *Orion (Оріон)*

Це сузір'я, що перетинає небесний екватор та спостерігається з будь-якої точки Землі, є, мабуть, найвідомішим серед усіх сузір'їв зоряного неба нашої планети. Тисячоліття тому майже всі цивілізації стародавнього світу вже асоціювали цю групу зірок із

фігурою людини. Сузір'я згадували у своїх творах Гомер та Лонгфелло. Жодне з інших сузір'їв не схоже так на свого персонажа, і в жодному сузір'ї немає стільки яскравих зірок!



*«Трапеція» — група одних з наймолодших зірок у нашій Галактиці, що знаходиться у Великій Туманності Оріона*

Оріона вважали передвісником штормів через те, що він з'являвся над східним горизонтом пізньої осені — штормової пори для більшості простору Північної півкулі. Давні араби називали це сузір'я Аль Джаббар, що значить «гігант». Три яскраві зірки, що позначають пояс Оріона, араби називали «золотими горіхами».

У греко-римській міфології Оріон був уславленим мисливцем, але, окрім цього, дуже хвалькуватим, тож він сказав одного разу, що ніяка тварина не здатна його вбити. Щоб дати Оріонові урок, недоброзичлива богиня Гера, дружина Зевса, послала маленького скорпіона, щоб той ужалив мисливця. Оріон вбив скорпіона, проте той встиг смертельно вкусити його. Так, Оріон та Скорпіон були поміщені на небо напроти один одного.

В іншій легенді Оріон, син Посейдона, теж був великим мисливцем. Артеміда, богиня Місяця та полювання, закохалася в нього та забула про свій обов'язок освітлювати нічне небо. Богам це, звичайно, не подобалося. Одного дня Оріон купався в океані, і Аполлон, бог Сонця, дуже яскраво висвітлив цю ділянку води, так що тільки Оріон залишався темною плямою. Тоді бог запитав свою сестру Артеміду, чи зможе вона вразити таку важку ціль своєю стрілою. Артеміда вистрелила. Лише потім вона зрозуміла, що вбила власного коханого, і в розпачі забрала його тіло разом із мисливськими собаками на небо та зробила його чудовим сузір'ям, прикрасивши яскравими зірками. Сама Артеміда з розлуки втратила сенс життя — саме тому Місяць до наших днів залишається таким холодним та байдужим.

У стародавній індійській міфології це сузір'я уявляється як втілення Праджапаті, відомого повелителя всіх істот, та ототожнюється із самим Брахмою. Єгиптяни вважали цю групу зірок місцем спочину душі бога Осіріса — символа нескінченності життя, що був убитий своїм братом Сетом.

Головна зірка Оріона — червоний гігант Бетельгейзе, ім'я якого арабською означає «будинок близнят». Скоріше за все це можна пояснити тим, що ця зірка раніше вважалася частиною сусіднього сузір'я Близнят. Бетельгейзе є системою з 6 зірок, проте всі його компаньйони досить слабкі і їх не можна спостерігати аматорськими інструментами.

Сузір'я Оріона дуже багате на зоряні скупчення та туманності. Велика Туманність Оріона (М 42), що знаходиться майже безпосередньо на його «мечі», містить чи не наймолодші зірки в нашій Галактиці. Це — складний комплекс газу, пилу та зірок, що має просто феєричний вигляд навіть у зовсім невеликі телескопи. Взагалі цю туманність можна побачити й неозброєним оком. Бінокуляр або маленький телескоп допомагає розгледіти знамениту Трапецію — групу з чотирьох дуже гарячих блакитних зірок та фантастичні сплетіння струменців міжзоряного газу. Важко передати словами всю велич цієї захоплюючої картини!

Велика туманність Оріона має свого компаньйона, невелику (порівняно!) туманність М43, що розташована зовсім неподалік. Легкою «здобиччю» для маленького телескопа буде також туманність М78 над поясом Оріона. Взагалі в сузір'ї присутні десятки яскравих туманностей та кілька цікавих скупчень — просто «скануйте» цю область неба своїм бінокуляром або телескопом та насолоджуйтесь видовищем!

### *Pegasus (Пегас)*

У греко-римській міфології Пегас був конем, що народився з крові Медузи Горгони. Коли Персей убивав Медузу, краплі її крові впали в море та змішалися з морською піною. Звідти вилетів кінь. Іноді вважають, що сам Посейдон, бог моря, був батьком Пегаса. На старовинних мапах Пегаса, як правило, зображали білим (колір морської піни) конем із крилами.

За однією з легенд, Пегас допомагав юнакові на ім'я Беллерофонт перемогти страшну Химеру — монстра з головою лева, тілом козла та хвостом дракона, що дихав вогнем. За допомогою Пегаса Беллерофонт убив Химеру та зробив ще немало корисних справ. Проте через свою вдачу Беллерофонт піддався гріхові зарозумілості та захотів, осідлавши Пегаса, дістатися Олімпу та приєднатися до богів. Розлючений Зевс послав овода, щоб той вкусив Пегаса.

Останній скинув Беллерофонта на Землю, де той і провів решту свого життя в блуканнях, скалічений та сліпий. А Пегас приєднався до богів на небі, де ми його тепер і бачимо.

Задовго до того моменту, як з'явилися ті легенди, ця група зірок була визнана давніми мешканцями Месопотамії зображенням коня. Якщо сьогодні сузір'я Пегаса прокреслює лише передню частину крилатого коня, то в давнину воно зображало його повністю. Існує думка, що коли було виділено Зодіак та з'явилося сузір'я Овна, частина зірок з сузір'їв Тельця та Пегаса стали частиною Овна. Саме тому Пегас і Телець тепер зображають тільки частини своїх тварин.

Пегас — відоме осіннє сузір'я, великий квадрат якого є своєрідним символом осіннього неба. Його головна зірка — Маркаб, що значить у перекладі з арабської «плече коня». У сузір'ї є дуже красиве та яскраве кульове зоряне скупчення M15, що легко спостерігати аматорськими телескопами.

### *Perseus (Персей)*

За грецькою легендою, Персей був сином Зевса та смертної дівчини. Оракул напророкував її батькові, що одного дня його вб'є власний онук. Тож батько пустив її разом із сином у човні за течією, бо боявся, що справдиться передбачення оракула. Матір та сина врятував один рибалка, і вони жили на його острові.

Цар того острова хотів зробити мати Персея своєю коханкою, тож відіслав юнака нібито на завдання — убити трьох сестер Горгон, один тільки погляд яких перетворював кожного смертного на камінь. За допомогою крил Гермеса та щита Афіни хлопцю вдалося перемогти тільки Медузу, одну із сестер. Трохи пізніше він зустрів на своєму шляху Андромеду, яку врятував від Кита. Вони одружилися й народили сина. Деякий час потому на одному з атлетичних змагань Персей невдало кинув диска та вбив глядача. Ним і був його дід, котрому, попри все, не вдалося уникнути своєї долі.

Головна зірка Персея має ім'я Мірфак (арабською — «лікоть», ця назва передає, мабуть, і абрис інших зірок). Найпомітніша зірка, звичайно, — Алголь, або Диявольська зірка (у перекладі з арабської Алголь — «голова диявола»). Ця зірка є однією з найперших відкритих затемнених змінних зірок та позначає на старовинних зоряних мапах око Медузи Горгони.

Персей розташований у районі, де проходить Молочний Шлях, і тому це сузір'я багате на об'єкти далекого космосу, особливо на розсіяні скупчення. Наприклад, M34 є досить яскравим угрупованням із 80 зірок, що лежать за 1 400 світлові роки від Землі. Найвідоміше скупчення в Персеї — так зване Подвійне скупчення $\chi$ та

h Персея. Неозброєним оком його можна побачити як дві туманні зірочки, а в бінокуляр або маленький телескоп вони розсипаються на красивий дует скупчень.

У сузір'ї Персея лежить радіант найвідомішого серед аматорів метеорного потоку Персеїди, що в максимумі біля 12—13 серпня має активність 50—80, а іноді й більше метеорів на годину.

### *Pisces (Риби)*

Це сузір'я було відоме з давніх часів та представляло одну-дві риби. Вавилоняни звали цю групу зірок Нуну, перси — Амхік, турецькою вони називалися Балик. І всі ці імена означали одне — «риба». Це — велике сузір'я, що складається переважно зі слабких зірок і лежить на межі ділянки неба, що в давнину мала назву «Море».

За грецьким міфом, небесні Риби — це богиня Афродіта та її син Ерос. Тікаючи від гіганта Тифона, вони кинулися в бурхливий потік та перетворилися на риб. Щоб не розлучитися, вони зв'язали свої хвости один з одним стрічкою.

Головна зірка цього сузір'я — Альріша. Арабською це означає «вузол», і на старовинних зображеннях саме ця зірка позначає вузол тієї стрічки, якою зв'язані хвости двох Риб.

Попри досить велику площу, що займають Риби на небі, в них майже немає легких для спостережень цікавих об'єктів. Досить красива спіральна галактика M74 навряд чи буде легкою «здобиччю» для маленьких аматорських телескопів.

### *Sagitta (Стріла)*

Стріла — сузір'я, відоме з часів греко-римської культури, вважалося зображенням чи не кожної відомої стріли в історії людства. Серед таких припущень — стріла, що вбила Орла Зевса, стріла, яку Геракл запустив по Стимфалійських птахах, або та, якою Аполлон стріляв по циклопах. Також ця стріла вважалася втіленням знаменитої стріли Купідона.

Сузір'я Стріли — третє найменше сузір'я зоряного неба. Його головна зірка — Шам, що арабською значить «стріла», не є найяскравішою в сузір'ї. Найбільший блиск має зірка $\gamma$ Sge, що позначає наконечник небесної Стріли.

Серед цікавих об'єктів можна вказати кульове зоряне скупчення M71 приблизно 8-ї зоряної величини, що лежить між зірками Гамма та Омега Стріли.

### *Sagittarius (Стрілець)*

Стрілець є досить великим сузір'ям, що, напевне, спершу пов'язували із Нергалом, богом війни народів долини Євфрату. Гре-

кам він був відомий як лучник, а потім вважався зображенням сатира чи кентавра.

Головна зірка Стрільця має ім'я Рукбат, що з арабської перекладається як «коліно».

У сузір'ї Стрільця знаходиться область неба, крізь яку ми дивимося в напрямку до центру нашої Галактики. Так, частина Молочного Шляху в Стрільці — одна з найяскравіших. Бінокуляри або маленький телескоп покажуть вам велику кількість цікавих та красивих зоряних скупчень та туманностей. Серед них на особливу увагу заслуговують об'єкти каталога Месьє — розсіяні скупчення M18, M21, M23, M24, M25, кульові скупчення M22, M28, M54, M55, M69, M70 та M75. Усі вони досить яскраві, більшість має блиск між 5- та 8-ю зоряною величиною. Цікавими також можуть бути туманності, найвідомішими з яких є M8 «Лагуна», M17 «Омега» та M20 «Трифід».

### *Scorpius (Скорпіон)*

Це сузір'я вважається втіленням маленького скорпіона, що вбив Оріона. Обидва сузір'я перебувають один проти одного на зоряному небі: коли сходить Скорпіон, Оріон заходить за горизонт. Як ми вже знаємо, близько 200 років тому до складу Скорпіона входили також зірки Терезів, про що дотепер свідчать їх давні назви. Сучасний Скорпіон не має клешень, проте, попри це, він виглядає набагато більш схожим на свого персонажа, ніж більшість сузір'їв.

Давні китайці включали зірки цього сузір'я до фігури, яка мала назву Лазурного Дракона. Це — дуже могутня, проте добра істота. Схід Лазурного Дракона над горизонтом означав прихід весни.

Альфа Скорпіона — Антарес, ім'я якої має грецьке походження. Це — дуже яскрава червона зірка, що позначає серце Скорпіона. Давні греки вважали Антарес суперником Марса на зоряному небі, тому й дали цій зірці таке ім'я. Воно складається з префікса «анти-» (проти) та грецького ім'я Марса — Арес. Антарес є подвійною зіркою та має слабшого за блиском компаньйона трохи зеленуватого кольору. Взагалі зелених зірок не існує, тому зеленуватими здаються здебільшого компоненти, розташовані біля червоних зірок.

Як і Стрілець, Скорпіон лежить у досить щільній ділянці Молочного Шляху та містить багато цікавих та доступних об'єктів для спостереження. Це — яскраві розсіяні зоряні скупчення M6, M7, кульові скупчення M4 та M80 та багато інших. Вашу увагу можуть також привернути чисельні дифузні туманності — просто скануйте небо вашим бінокуляром або телескопом.

### *Scutum (Щит)*

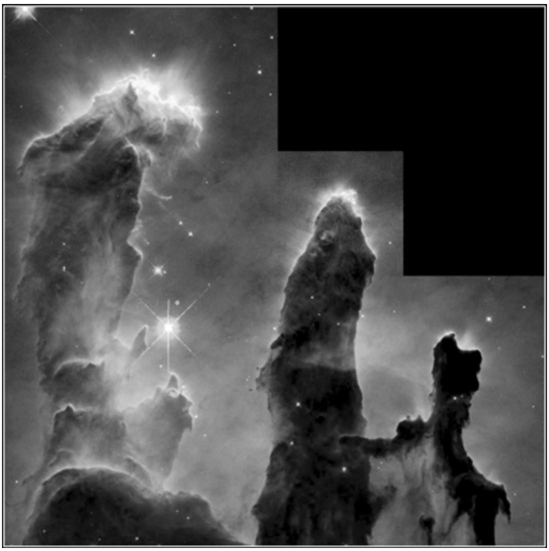
Це сучасне сузір'я спочатку називалося Scutum Sobiescianum, що латиною означало «щит Собеського». Воно було названо на честь польського короля Яна III Собеського, який повів свої війська на захист Відня та Польщі й виграв важливу битву проти турецького хана 12 вересня 1683 року. Сім років потому вже відомий нам польський астроном Гевелій назвав маленьку ділянку неба на північ від Стрільця на його честь. Пізніше назву було скорочено до сучасної.

Через сузір'я Щита проходить найщільніший та найяскравіший відрізок Молочного Шляху, тож ця область неба дуже багата на яскраві об'єкти далекого космосу. Перш за все слід приділити увагу об'єктам каталога Месьє, таких як розсіяні зоряні скупчення M11 та M26. І не забудьте просто помилуватися зірковими хмарами Молочного Шляху в Щиті!

### *Serpens (Змія)*

Змія — це єдине сузір'я на зоряному небі Землі, що складається із двох окремих частин: Голови Змії та Хвоста Змії, які розділені сузір'ям Змієносця, що ніби тримає змію в своїх руках. Вважається, що раніше вони були частиною одного великого сузір'я.

Усі зірки Змії досить слабкі, сузір'я не має зірок яскравіших за приблизно 3-ю зоряну величину. Головна зірка — α Ser — носить ім'я Унукалхаї, арабською — «шия змії». Зірка δ Ser є порівняно яскравою подвійною із блиском компонентів 4,2 та 5,2 зоряної величини. Ще однією подвійною є θ Ser з компонентами 4,1 та 5,0 зоряної величини.



*«Стовпи зореутворення» у туманності M16. Фото: Космічний телескоп імені Хаббла*

У сузір'ї Змії є декілька цікавих об'єктів, серед яких найбільшої уваги заслуговують два розсіяні зоряні скупчення. Одне з них, M5, має блиск 5-ї зоряної величини та віддалене

від нас на 26 000 світлових років. Інше є слабкішим, проте більш відомим. Це — М16, що містить також відому дифузну туманність «Орел». Цю туманність іноді також називають «стовпами зореутворення».

### *Taurus (Телець)*

Телець є одним із найдавніших сузір'їв земного зоряного неба. Близько 4000—2000 років до н. е. Сонце знаходилося в цьому сузір'ї на початку весни, тому ця область неба мала дуже велике значення для всіх стародавніх культур. Бик, символ сили та родючості, фігурує в міфології майже всіх ранніх цивілізацій.

У стародавньому Єгипті образом, що асоціювався із цим сузір'ям, був Апіс. Апісом звали бика, що реально існував та вважався земним утіленням душі Осіріса, бога Сонця та Нілу. Тварина, якій випадала честь нести цей священний обов'язок, вибиралася за спеціальними ознаками. Коли бик, що відповідав таким ознакам, був знайдений, його називали Апісом, і він жив у пошані як священна тварина. Вважалося, що коли Апіс умирає, душа Осіріса сама переходить до його наступника.

Можливо, Телець міг бути також прототипом або небесним утіленням Мінотавра з острова Крит, або священного «бика світла» у шумерів, або Золотого Тельця — ідола народів Ізраїлю. Пізніше Тельця уявляли як Зевса, що прийняв вигляд білого бика з золотими рогами, щоб спокусити красуню Європу.

У сузір'ї Тельця є два дуже яскраві розсіяні зоряні скупчення. Перше з них, Гіади, давні люди називали «зірками дощу». Це пояснюється тим, що коли Гіади вперше починали з'являтися над східним горизонтом, починалася осінь — сезон дощів. Інше скупчення — це відомі всім Плеяди (М45). «Сім сестер», або «Стожари», як їх називали на Русі. У стародавні часи їх називали «зірками моряків», тому що давньогрецькі мореходи не вирушали у плавання, якщо не бачили Плеяд — інакше була ймовірність негоди та шторму.

Головна зірка цього сузір'я — червоний яскравий Альдебаран, ім'я якого з арабської перекладається як «наступник». Можливо, це ім'я він здобув через полінезійську легенду про те, як колись Плеяди були єдиною й до того ж найяскравішою зіркою неба. Проте ця зірка надто пишалася своєю красою, і бог Тейн кинув Альдебаран у Плеяди. Ті розбилися, а червоний гігант став наступником Плеяд і найяскравішою зіркою цього сузір'я.

Саме в сузір'ї Тельця розташований об'єкт Месьє за номером 1 — так звана Крабоподібна туманність, що є залишком від вибуху Наднової 4 липня 1054 року.

### *Triangulum (Трикутник)*

Трикутник не є примітним сузір'ям. Але він відомий з давніх часів — і, мабуть, тому, що група не дуже яскравих зірок утворює помітний на небі трикутник. Іноді його порівнюють із грецькою літерою «дельта», іноді — з дельтою Ніла, іноді — з формою острова Сицилія.

А ще тим, що 1 січня 1801 року саме в ньому італійський астроном Джузеппе Піацці відкрив перший астероїд — (1) Цереру.

Для аматорів астрономії це сузір'я може становити інтерес як місцезнаходження досить яскравої галактики M33, що є членом нашої Місцевої Групи галактик.

### *Ursa Major (Велика Ведмедиця)*

Можливо, за винятком тільки Оріона Велика Ведмедиця — найвідоміше та найпомітніше сузір'я земного зоряного неба та один із безперечних лідерів за кількістю історій та легенд, що з ним пов'язані. Третє за своїми розмірами, воно дуже легко розпізнається завдяки характерній фігурі, що добре нам відома як «ківш».

Існує багато легенд, які пояснюють походження цього сузір'я, і велика кількість цивілізацій асоціювала цю ділянку неба саме з ведмедем. Так, стародавнім грекам ці зірки були відомі як Арктос — грецькою «ведмідь». Саме від цього слова походить наше «арктика» та похідні від нього. За однією з легенд, Каллісто — дівчина, яку спокусив Зевс, була перетворена на ведмедицю його ревнивою дружиною Герою. Зевс помістив ведмедицю на небо разом із її сином Аркасом, що став сузір'ям Малої Ведмедиці. Гера звернулася до сил Океану з проханням покарати їх за зазіхання на її владу. Тож обидві Ведмедиці навіки приречені ходити навколо Полюса без можливості перепочити, зайшовши за горизонт.

Давні американські племена теж бачили в цій групі зірок ведмедя. Три зірки, що складають ручку ковша, вважалися мисливцями (або мисливцем і двома собаками), що переслідують ведмедів небосхилом.

Головну групу зірок — ківш — різні народи також бачили кожен по-своєму. Так, єгиптяни вважали це стегном бика, тоді як у Китаї їх називали «правителями». Європейці вбачали у цій групі віз або вагонетку, британці — плуг. Англо-саксонці пов'язували ці зірки з легендарним королем Артуром та називали групу Камелотом. Обертання цих зірок навколо Полярної зірки, вважається, могло стати ідеєю для виникнення Круглого столу. Через те, що ківш обертається навколо Полюса, як стрілки годинника, ці зірки в давнину часто використовувалися для визначення часу — згадки про це ми зможемо знайти в п'єсах Шекспіра.

Головна зірка Великої Ведмедиці носить ім'я Дубхе, що арабською значить «ведмідь». Лінія, проведена черед Дубхе та β UMa,

Мерак, крайні зірки у ковші, вказує на Полярну зірку. Досить цікавою та відомою є зірка ζ UMa, Міцар. Це — оптично подвійна зірка, компонент якої на ім'я Алькор (80 UMa) люди з гострим зором можуть помітити і неозброєним оком. Міцар та Алькор перекладаються як «кінь» та «вершник». У давнину за допомогою цієї пари у війську на Русі перевіряли зір. Міцар є фізичною подвійною, компоненти якої добре розрізняються у невеликі телескопи.

Серед об'єктів Великої Ведмедиці слід вказати на цікаву пару галактик M81 та M82. Перша з них є однією з найяскравіших спіральних галактик на зоряному небі, а друга — так звана «вибухова» — є трохи слабшою за блиском. M101 є також дуже красивою спіральною галактикою 8-ї зоряної величини.

### *Ursa Minor (Мала Ведмедиця)*

Найвідомішою рисою цього сузір'я є те, що головною зіркою Малої Ведмедиці є Полярна — зірка, що ближче за інші знаходиться до північного Полюса світу та є його своєрідним символом. Уперше воно було описане грецьким астрономом та геометром Фалесом. З попереднього матеріалу ми вже знайомі з основними міфами й легендами, пов'язаними з цим сузір'ям.

Полярна зірка тепер знаходиться на відстані близько 1° від Полюса світу. Найближче до нього вона буде приблизно у 2105 році. Це — змінна зірка типу цефеїд із невеликою амплітудою коливань блиску, до того ж Полярна є подвійною зі слабким компаньйоном 9-ї зоряної величини.

Мала Ведмедиця не містить об'єктів далекого космосу, здатних привернути увагу власників невеликих аматорських телескопів.

### *Virgo (Діва)*

Діва — єдине сузір'я Зодіаку, що втілює жіночий образ. Воно також належить до найдавніших та представляє чи не кожну помітну жінку в міфології багатьох культур. Так, Діву часто ототожнювали з богинею родючості, землеробства та Землі, зокрема, в образі Іштар, вавилонської богині родючості; Ізіди, єгипетської богині природи; Деметри, грецької богині землеробства; Персефони, дочки Деметри; Артеміди, грецької богині Місяця; Афіни, грецької богині мудрості, війни та мистецтв. Діву також уявляли у вигляді навіть потворної Медузи Горгони. За деякими джерелами саме Діва є небесним утіленням Уранії — музи астрономії. Існує думка, що прототипом сфінкса — істоти з обличчям людини та тілом лева — послужив саме збіг сузір'їв Лева та Діви, розташованих на небі по сусідству.

Традиційно Діву зображують із колосом пшениці в одній руці та якимось іншим предметом (чашею, терезами тощо) в іншій.



*Планетарна туманність M27 «Гантель» у сузір'ї Лисички*

Взагалі Діва — дуже велике сузір'я, друге за розмірами на зоряному небі. Сонце проводить у ньому більше часу, ніж у будь-якому іншому з-поміж зодіакальних.

Головна зірка Діви — Спіка, що означає в перекладі з латини «колос пшениці». Це — подвійна зірка, що має дуже слабкого компаньйона.

У сузір'ї Діви (на межі з Волоссям Вероніки) знаходиться величне скупчення галактик — тут їх понад три тисячі! Серед них — більше десятка об'єктів каталога Месьє, проте навіть вони не є дуже легкими для спостережень у маленькі телескопи.

### *Vulpecula (Лисичка)*

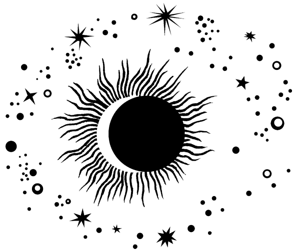
Лисичка — сучасне сузір'я, що лежить на південь від Лебедя. Воно було запроваджене в астрономічну практику вже відомим нам польським астрономом Гевелієм у 1690 році. Сузір'я не містить яскравих зірок та може бути цікавим для аматорів астрономії хіба що як місцезнаходження відомої туманності M27 «Гантель». Ця планетарна туманність 8-ї зоряної величини отримала таку назву через те, що газ, який оточує центральну зірку, яскравіший з двох її боків і нагадує гантель за формою. Вона віддалена від нас на відстань у 980 світлових років.

# IX

## ПОДІЇ НА НЕБІ



*Як великий митець, природа вміє*
*і невеликими засобами досягати*
*великих ефектів.*
Г. Гейне



Зоряне небо. Таке таємниче на перший погляд. Воно відкривається нам кожної ясної ночі, постає перед нашими очима новим, вражаючим та привабливим. Справді, небо — як і вогонь, вода — ніколи не буває однаковим.

Передбачити, для того щоб отримати максимум задоволення та користі; навчитися передбачати небесні події для того, щоб не бути застигнутим зненацька — цьому вчилося не одне покоління. Ми ж з вами лише зазнайомимося з тими подіями зоряного неба, що найчастіше привертають увагу аматорів астрономії. Цілком справедливим буде також сказати, що саме через ці події люди здебільшого і стають аматорами — бо завжди краще один раз побачити, ніж тисячу разів почути!

## Сонячні затемнення

Ясний сонячний ранок. Рівна поверхня безкрайого поля залита сонцем. Аж раптом звірі починають гомоніти, зростає неспокій. Підіймається таємничий вітерець — що він несе цього разу? Потім прохолоднішає, і ви мимоволі відчуваєте: серед білого дня, при ясній погоді небо темнішає. Ви берете заздалегідь приготоване темне скло та спрямовуєте погляд на Сонце. Так! Уже досить велика щербинка на його боці каже: затемнення почалося! Проте ви добре знаєте: найголовніше ще попереду.

Ось ви вже помічаєте, як змінюються тіні, що відкидають незліченні кущі на вашому «спостережному посту». Вони ніби стали тисячами маленьких «відбитків» того, що відбувається там, у небі: тіні набули вигляду чисенних серпиків. Ще двадцять хвилин тому ви страждали від спраги, а тепер прохолодний вітерець грає у вашому волоссі.

Напруження зростає, і ось уже пішов відлік останніх двох хвилин. Найважливіше — нічого не пропустити. Ваша увага прикута до Сонця. Ось залишається зовсім невеличкий серпик —



*Хід повного сонячного затемнення*

його можна спостерігати навіть неозброєним оком, без фільтра. Найцікавіше — за хвилину до повної фази. Спочатку — «чотки Бейлі». Це — один із доказів того, що поверхня Місяця досить нерівна. Останні промені Сонця пробиваються крізь гори та кратери Місяця, утворюючи ланцюг із яскравих «чоток». За ними — «діамантова каблучка». Це коли Місяць закриває Сонце майже повністю, проте залишається світіння навколо темної кулі — «каблучка» — та яскравий шматок денної зірки — «діамант» — ніби на прощання.

Якщо ви все ж таки зможете відірвати свій погляд від неба в ці останні секунди, ви будете мати змогу побачити ще одну вражаючу картину. Від самого горизонту з величезною швидкістю до вас наближається... тінь Місяця! Вона просувається долиною з заходу, і з нею надходять сутінки. На небі з'являються найяскравіші зірки та планети, а навколо Сонця можна побачити сонячну корону. Так починається феєричне видовище — повне сонячне затемнення.

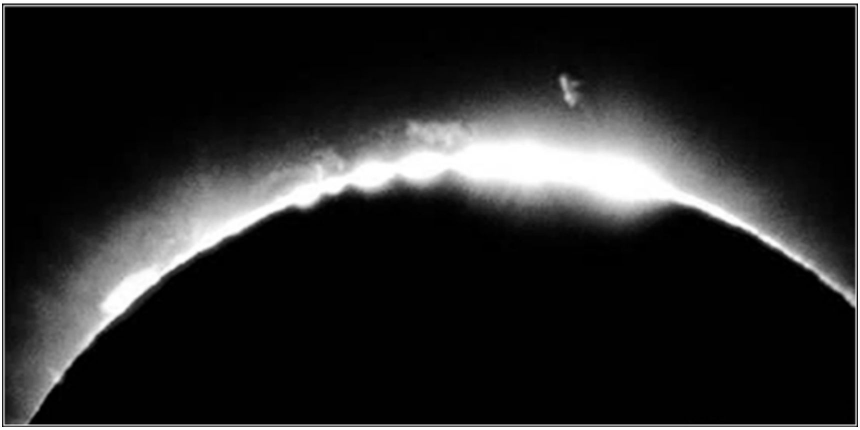
Деякі філософи кажуть, що життя людства — це історія збігів. Якщо це дійсно так, то збіг, про який піде мова, напевне, один із найдивовижніших. Сонячні затемнення, особливо їхню повну фазу, здавна схильні були приписувати могутнім божественним силам. Історично відомо, що навіть війська половців та князя Ігоря були свого часу зупинені повним сонячним затемненням — передвісником нещастя.

Що ж таке сонячне затемнення, чому саме ми маємо змогу його спостерігати та про який збіг мова?

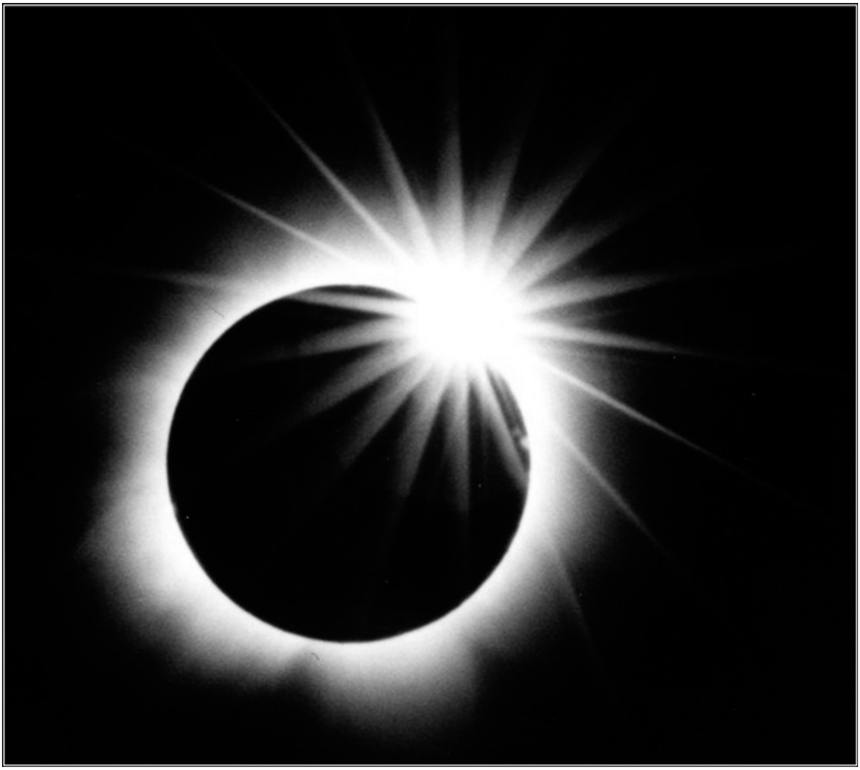
Сонячне затемнення — це коли Місяць стає на шляху сонячному світлу та частково або повністю закриває Сонце від земного спостерігача. Це може трапитися тільки у фазі нового Місяця. Адже для того, щоб сталося затемнення, Місяць повинен стати між Землею та Сонцем. Проте, звичайно, це трапляється не кожного нового Місяця. Для цього необхідна ще одна важлива умова: Сонце, Місяць та Земля повинні утворити пряму лінію.

У ході сонячного затемнення, як і будь-якого іншого явища, що описується теорією затемнень (а ми скоро дізнаємося, що їх не так уже й мало!), виділяють чотири особливі моменти, що називаються контактами. Перший контакт — це коли Місяць уперше «торкається» Сонця на нашому небі. Момент першого контакту, власне, і є початком затемнення. Другий контакт позначає початок повної фази — коли Місяць повністю закриває Сонце. Третій контакт настає тоді, коли Місяць починає сходити з Сонця, вказуючи на закінчення повної фази. Нарешті, четвертий контакт буде останнім «торканням» Сонця і Місяця аж до наступного затемнення. З четвертим контактом затемнення закінчується. Звичайно, для часткових сонячних затемнень другий та третій контакти будуть відсутніми.

Проте сонячне затемнення не виглядало б таким видовищним, якби не одна деталь. Справа в тому, що, як ви, можливо, помітили, Сонце і Місяць на нашому земному небі мають майже однако-



*«Чотки Бейлі» під час повного сонячного затемнення 11 серпня 1999 року. Фото: Фред Еспенак*



*«Діамантова каблучка» під час повного сонячного затемнення 21 червня 2001 року*

ві видимі розміри. Так, Місяць, що приблизно у 400 разів менший за Сонце, знаходиться майже у 400 разів ближче до нас, ніж наша денна зірка!

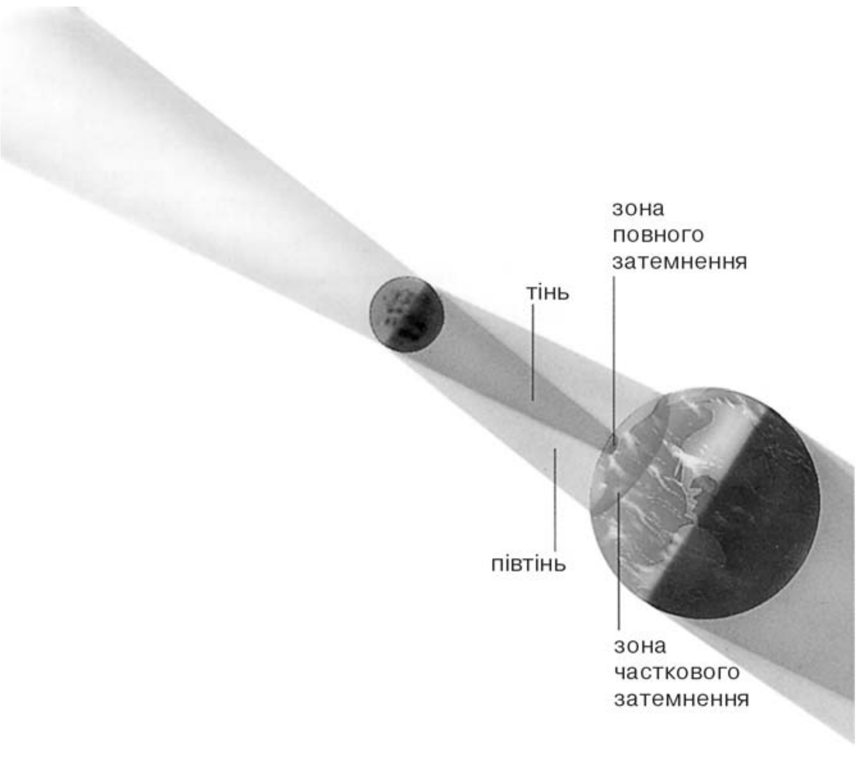
Напевне, повне сонячне затемнення можна назвати найвидовищнішим астрономічним явищем. Принаймні така в них велика популярність серед людей. Видовищнішим може стати хіба що падіння астероїда на Землю — та хто ж забажає такого «шоу»?

Звичайно, не кожній людині хоч один раз у житті пощастило стати свідком повного сонячного затемнення. Справа не в тому, що вони є дуже рідкісними — повне сонячне затемнення трапляється, як мінімум, кожного року, а найчастіше — кілька разів на рік. Проте шлях місячної тіні земною поверхнею настільки вузький, що на певному місці повне сонячне затемнення може не повторюватися століттями! Хоча трапляються на Землі такі «щасливі» місця, де повну фазу сонячного затемнення можна досить короткий термін спостерігати кілька разів. Так, наприклад, у ро-

сійському Горно-Алтайську можна буде побачити повне сонячне затемнення у 2006 та у 2008 роках!

Серед аматорів астрономії — завзятих спостерігачів повних сонячних затемнень — є навіть елітний клуб найдосвідченіших. Це так званий «клуб тисячі секунд», що згуртовує найуспішніших «мисливців за затемненнями», на рахунку яких щонайменше 16 хвилин і 40 секунд сумарної повної фази сонячного затемнення — тобто загалом 1000 секунд!

Спостереження повних сонячних затемнень становить, окрім естетичного, і науковий інтерес. Так, тільки в моменти повної фази вчені отримують можливість досліджувати структуру та інші важливі характеристики сонячної корони. Таким чином, вони мають змогу краще вивчити особливості проявів активності нашої денної зірки. Крім того, за допомогою саме повного сонячного затемнення було доведено той факт, що світло може бути заломленим не тільки лінзою, а й гравітаційним полем. Протягом кількох затемнень зовсім поряд із Сонцем спостерігалися зірки, які




*Взаємне розташування Сонця, Місяця та Землі під час сонячного затемнення*

**Теоретично повна фаза сонячного затемнення, яке можна спостерігати на Землі, може займати весь час самого затемнення, тобто максимум 7 хвилин та 31 секунду. Практично, проте, таких тривалих затемнень не зареєстровано. Найтривалішою повною фазою затемнення у недавньому минулому було затемнення 20 червня 1955 року. Його спостерігали на Філіппінських островах, а повна фаза тривала 7 хвилин 8 секунд! У майбутньому найтриваліше затемнення відбудеться 5 липня 2168 року, коли повна фаза буде тривати 7 хвилин 28 секунд!**

насправді повинні були бути закритими від спостерігача сонячним диском. Так було отримано експериментальну основу вже відомого нам з вами ефекту гравітаційного лінзування.

Часткові сонячні затемнення хоча й менш видовищні, проте теж є дуже красивими. Вони трапляються частіше, і ви маєте гарні шанси стати спостерігачем щонайменше кількох із них. Звичайно, до таких спостережень слід заздалегідь добре підготуватися. Наприклад, при організації експедиції у смугу повної фази нерідко проводять і «репетиції» затемнення, щоб перевірити готовність апаратури та злагодженість роботи спостерігачів.

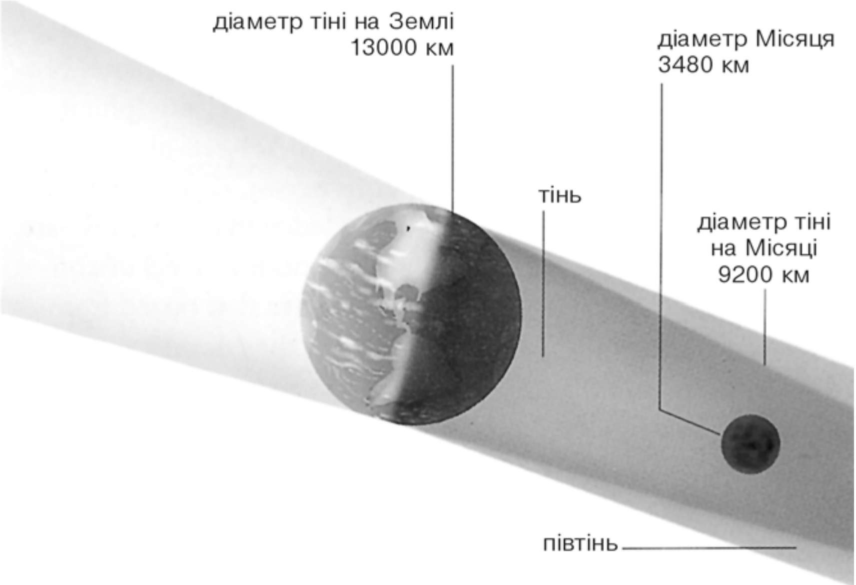
У найближчому майбутньому спостерігачі України зможуть насолоджуватися тільки частковими фазами сонячних затемнень: 3 жовтня 2005 року (максимальна фаза близько 25%), 29 березня 2006 року (77%), 1 серпня 2008 року (45%) та 15 січня 2010 року (близько 1%). Всі фази наведено для міста Харкова. За детальнішою інформацією звертайтеся до відповідного «Астрономічного календаря» або до найближчої астрономічної організації. Найближче до України смуга повної фази пройде у 2006 році, і вже зараз розпочато роботу з підготовки відповідної експедиції.

*Щоб такі спостереження залишили в вас тільки приємні враження, треба усвідомити головне правило безпеки: ніколи не використовувати оптичні засоби без спеціальних фільтрів! Спостерігати Сонце, навіть частково затемнене, крізь незахищений бінокль, підзорну трубу або телескоп небезпечно для ваших очей!*

## Місячні затемнення

Кожне затемнення — це завжди красиве видовище, що трапляється не дуже часто і залишає безліч позитивних емоцій та вражень. Місячні затемнення — не виняток. Давайте спробуємо уявити собі наші спостереження.

Місячні затемнення трапляються тоді, коли Земля закриває Місяць від Сонця. На відміну від сонячних, місячні затемнення можуть траплятися таким чином тільки при повному Місяці —




*Взаємне розташування Сонця, Місяця та Землі під час місячного затемнення*

коли Сонце, Земля та Місяць знову ж таки вишикуються в одну лінію. Так, наш природний супутник опиняється в тіні нашої планети, і ми майже не маємо змоги його спостерігати. «Майже» ми кажемо тому, що насправді, на відміну від Сонця, Місяць не зникає з неба зовсім. Через те, що Земля має атмосферу, на Місяць усе ж таки попадають сонячні промені, що були розсіяні земним повітрям.

Ви дуже добре знаєте (а якщо ні — то маєте змогу переконатися), що атмосфера краще за все розсіює блакитні та сині промені. Саме через це наше небо і має блакитний колір. Найкраще повітря пропускає червоні промені, які й мають змогу потім «дістатися» поверхні Місяця. З цієї самої причини під час повного затемнення Місяць набуває забарвлення різноманітних відтінків червоного.

Як і у випадку сонячних, розрізняють часткові та повні місячні затемнення. Проте повні місячні затемнення на певному місці можна спостерігати значно частіше, і це дуже легко пояснюється. Справа в тому, що у випадку сонячних затемнень Місяць, відкидаючи тінь на Землю, майже в чотири рази менший за нашу планету. Таким чином, смуги тіні (де спостерігаємо повну фазу) та півтіні (у якій маємо змогу побачити тільки часткове затемнення) на поверхні Землі є досить вузькими. У випадку місячного затемнення все навпаки: Земля відкидає тінь на Місяць. Тобто півтінь

та тінь Землі є досить великими, щоб зробити можливим спостереження повних фаз місячного затемнення на всій нічній півкулі Землі.

Через те, що Місяць активно підсвітлюється променями, розсіяними в атмосфері Землі, ми не маємо змоги неозброєним оком побачити зміни, що відбуваються під час «занурення» Місяця у земну півтінь. Таке затемнення астрономи називають півтіньовим, і спостерігати його можна лише за допомогою чутливих приладів (або фотографічно).

Коли ж Місяць потрапляє в земну тінь, починаються часткові фази тіньового місячного затемнення. Як і у випадку з Сонцем, початком затемнення є перший контакт — тінь Землі вперше «торкається» поверхні Місяця. Другим контактом є «торкання» тінню протилежного краю місячного диска — ним розпочинається



*Часткова фаза повного тіньового місячного затемнення 9 листопада 2003 року. Фото: Дмитро Маколкін*

***Таємниче зникнення Місяця.***
**Добре відомо, що протягом місячного затемнення наш супутник не «зникає» з неба, а тільки забарвлюється у різноманітні відтінки червоного кольору. Проте одного разу сталася таємнича пригода. Під час спостережень повного місячного затемнення 25 червня 1983 року свідки з усього світу переконалися: Місяць просто «зник» у них на очах! «Це було найстрашніше затемнення в моєму житті, — говорив один із американських аматорів астрономії, відомий спостерігач затемнень. — Ми просто не уявляли собі, що трапилося!» Насправді наш супутник нікуди не зникав, а відповідальним за таємничий «інцидент» виявився зовсім земний об'єкт — вулкан Панатубо, сильне виверження якого відбулося за два тижні до затемнення. Через виверження до атмосфери потрапило стільки пилу, що крізь нього не змогло пройти навіть червоне проміння. Тож Місяць залишився зовсім без «підсвічування»!**

повна фаза затемнення. Закінчується повна фаза третім контактом, а четвертий контакт знаменує повний вихід Місяця з земної тіні. Земна тінь значно більша за місячну, а Місяць у діаметрі вдвічі менший за Землю, тому повна фаза місячного затемнення може тривати майже дві години!

Отже, основною ознакою місячного затемнення є зміна кольору Місяця. Це справді дуже красиве видовище! Коли розпочинається часткова фаза, Місяць поступово стає трохи рожевим, спочатку від краю, потім це забарвлення розповсюджується на весь диск, стає густішим і змінює відтінок. Узагалі, важко буде згадати два однакові затемнення: кожне з них буде характеризуватися своїм унікальним відтінком, своєю неповторною кольоровою гамою — від світло-цегляного до насиченого криваво-червоного, що іноді межує з сірим або навіть майже чорним.

Окрім естетичного задоволення, яке ви отримуєте під час спостереження гри відтінків у ході місячного затемнення, для астрономів важливі результати, які матимуть науковий інтерес. Так, за кольорами та динамікою їхньої зміни можна судити про сонячну активність, а найголовніше — про стан нашої атмосфери. Тобто, спостерігаючи місячні затемнення, ми можемо вивчати атмосферу Землі та стежити як за її фізичними характеристиками, так і за екологічною ситуацією — забрудненням тощо.

Окрім спостережень самого Місяця, цікавим може видатися спостереження тих об'єктів, що знаходяться в момент затемнення у безпосередній близькості від нього. Справа в тому, що за звичайних умов місячне світло є дуже яскравим, й це заважає спостереженню навіть досить помітних астрономічних об'єктів. Під час повного затемнення астрономи мають змогу спостерігати, напри-

*Опис затемнення за кольоровою шкалою Данжона*

| Бал | Опис |
|---|---|
| 0 | Затемнення дуже темне. Усередині повної фази Місяць ледве помітний на тлі зоряного неба. |
| 1 | Затемнення темне. Місяць має сіро-коричневий колір, деталі поверхні важко розрізняються. |
| 2 | Темно-червоні відтінки іржі. Присутня темна зона у центрі місячного диска, краї його більш світлі. |
| 3 | Цегляно-червоний колір, краї тіні жовтуваті, більш яскраві. |
| 4 | Яскраві жовтогарячі, мідні кольори. Яскрава, з блакитним відтінком, межа тіні. |

клад, покриття Місяцем досить слабких зірок тощо. Та детальніше про це поговоримо пізніше.

Дуже цікаво під час місячного затемнення звернути також увагу на зміни кольорів окремих ділянок місячної поверхні. Для оцінки відтінків забарвлення поверхні Місяця, а також його окремих ділянок розроблено так звану шкалу Данжона. Хоча цю шкалу і не можна назвати цілком об'єктивною, вона стала дуже важливим кроком до стандартизації великих обсягів аматорських спостережних даних з усього світу. Спробуйте скористатися нею під час наступного затемнення — спочатку це може бути тільки гра!

Найближчі тіньові місячні затемнення, які можна буде спостерігати на території України, відбудуться 28 жовтня 2004 року (повне, доступний спостереженням початок затемнення); 7 вересня 2006 року (часткове, максимальна фаза близько 19%); 3/4 березня 2007 року (повне, спостерігатиметься повністю); 21 лютого 2008 року (повне, доступний спостереженням початок затемнення); 16 серпня 2008 року (часткове, максимальна фаза близько 81%) та 31 грудня 2009 року (часткове, максимальна фаза близько 8%).

## Метеори

Тихою серпневою ніччю ви вийшли надвір. Ледь прохолодне повітря вже нагадує про близькість осені, проте обіцяє добрі умови для спостереження. Ви влаштовуєтеся зручніше в кріслі та спрямовуєте свій погляд у зеніт. Скільки бажань маєте сьогодні загадати! А скільком із них судитиметься збутися?

Дуже розповсюдженим є повір'я, що на падаючу зірку треба загадати бажання — і воно неодмінно здійсниться. Насправді в давнину вважали: коли ми спостерігаємо яскравий слід, що прокреслює небесний купол, то це зірка, яка відірвалася від нього та падає.

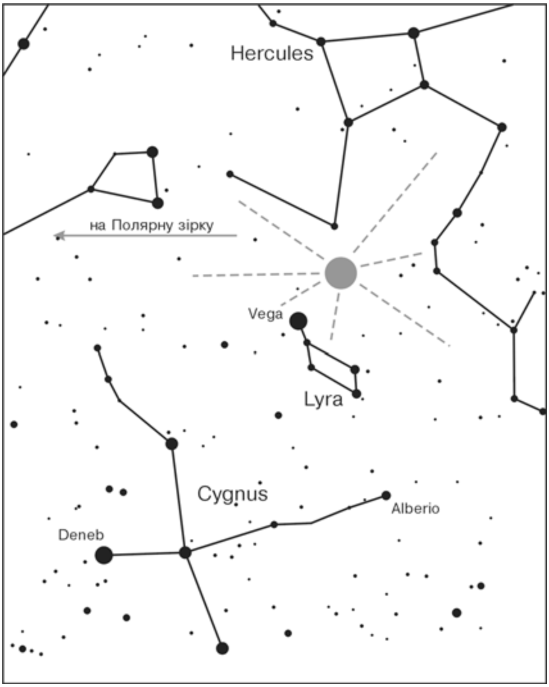
Тепер ми знаємо, що зорі на небі ніде не прикріплені, а отже, і падати їм немає звідки. Проте від цього метеори (а саме так астрономи називають «падаючі зірки» науковою мовою) не стали менш красивими, вражаючими, а іноді й таємничими.

Для того, щоб добре зрозуміти, що таке метеор, та познайомитися з кількома спорідненими поняттями, давайте простежимо шлях певної частинки навколо Сонця. Припустімо, що одного разу їй судилося зіткнутися... із Землею! Ні, катастрофи не буде! Наша частинка дуже мала для цього. Отже, доки частинка обертається навколо Сонця, вона називатиметься метеорною частинкою, або метеороїдом. Здебільшого метеороїди — це своєрідний космічний пил, про походження якого мова піде трохи нижче. Якщо ця частинка зіштовхнеться із Землею, то вона вимушена буде увійти в атмосферу нашої планети. Там вона розігріється та почне згорати. Яскравий слід дуже гарячого газу, що утворюється в цьому процесі, і буде називатися метеором. Його ми й бачимо на небі. Якщо ж ця частинка досить велика та не встигає повністю згоріти в земній атмосфері, то на поверхню Землі випадає космічний гість — метеорит.

При цьому розміри метеороїдів коливаються в дуже широких межах. Так, наприклад, щоб породити досить яскравий метеор, (приблизно 1—0-ї зоряної величини), потрібна метеорна частинка розмірами менше міліметра! Метеороїд завбільшки в кілька сантиметрів спричинить уже випадання метеорита.

Раніше, коли походження метеорів було невідомим, важко було також пояснити періодичне зростання метеорної активності у певні періоди року тощо. Найдивовижнішими, звичайно, були так звані «метеорні дощі», що без видимої причини «проливалися» на Землю в деякі роки. Так, зокрема, це сталося у 1799, 1833, 1866, 1965 роках (звичайно, були й інші приклади!). У максимумі метеорного дощу вас не врятувала б навіть велика парасолька — активність була б настільки високою, що кожної секунди можна було б спостерігати хоча б одну «зірку», що «зірвалася» зі свого місця.

Протягом року спостерігається кілька досить помітних «спалахів» метеорної активності. При цьому в кожному випадку метеори переважно ніби «вилітають» з певної визначеної точки на небі. Цю точку, а правильніше буде сказати — ділянку неба — умовилися називати радіантом (від англійського *radiate* — випромінювати, розповсюджувати). Метеори, що вилітають з одного радіанта, — вважати такими, які належать до одного й того ж так званого метеорного потоку. Потоки у свою чергу отримали назви за назвами тих сузір’їв та зірок, біля яких знаходяться їхні радіанти. Так, наприклад, відомий серпневий потік, максимум якого припадає




*Радіант метеорного потоку Лірид на зоряному небі*

частіше на 11—15 серпня, має назву Персеїди — його радіант розташований у сузір'ї Персея.

Як не дивно, але саме метеорні дощі, найменш пояснені вченими того часу, допомогли встановити спорідненість між метеорами і кометами (та деякими астероїдами). Уперше такий зв'язок було знайдено для метеорного потоку Леонід, що має свій максимум у середині листопада. Зазвичай цей потік не є дуже примітним — його активність не перевищує 10—15 метеорів на годину. Проте дощі, що згадувалися вище, викликали справжній фурор серед наукової спільноти!

Було зазначено, що період повторення метеорних дощів Леонід складав приблизно 33 роки. Майже таким самим був період обертання навколо Сонця періодичної комети 55P/Темпеля-Таттля (55P/Tempel-Tuttle). Вчені також констатували, що максимум активності йде одразу ж після зближення означеної комети з Сонцем. З цього випливало, що в тому чи іншому розумінні кожна комета є джерелом цілого шлейфа метеорних частинок. Якщо ж цей шлейф перетинає орбіту Землі, то він стає причиною метеорного потоку. Згодом «батьківські тіла» (так назвали комети, що народжують шлейфи метеороїдів) було визначено для більшості відомих великих та малих метеорних потоків. Це сталося в середині XIX століття.

Здавалося, що тепер уже відомо достатньо для того, щоб робити досить упевнені прогнози. Дійсно, розрахований пік активності для Леонід на 1866 рік, що став черговим метеорним дощем, справдився. Проте ніякого зростання активності, бодай найменшого, ні в 1899, ні в 1933 роках не спостерігалося. Що ж тепер заважало прогнозам?

На допомогу прийшли уявлення про те, що потужне гравітаційне поле може бути причиною змін в орбіті метеороїдів. У нашій Сонячній системі найвпливовішим виявився Юпітер. Тобто газовий гігант просто наблизився до шлейфа на досить близьку відстань і трохи змінив його траєкторію. Проте цього «трохи» вистачило, щоб «відмінити» дощі 1899 і 1933 років.

Наступне зближення комети з Юпітером у 1965 році спричинило, навпаки, один із найпотужніших дощів, зафіксованих в історії. У період з 1998 по 2002 роки ми мали змогу спостерігати цілу низку досить потужних дощів, коли інтенсивність сягала 15 тисяч метеорів на годину! Проте після свого повернення у 1998 році комета Темпеля-Таттля знову наблизилася до Юпітера. Як результат — ми втратили можливість спостерігати дощ Леонід протягом наступних більш ніж півстоліття!



*Метеорний дощ Леонід 1999 року. Знімок за допомогою «камери всього неба». Фото: AMS*

**Найбільшу масу з відомих на Землі мають, звичайно, залізні метеорити. Так, у 1920 році у Намібії впав метеорит масою в 60 тонн, що вважається наймасивнішим із тепер відомих. За 60-і роки XX століття цей список поповнився ще 15-тонною скелею, що впала в Гренландії (1963) та 10-тонним метеоритом, що знайшов своє місце в Австралії (1966). Серед залізокам'яних метеоритів найбільшим вважається один із представників, що був знайдений у 1805 році в Німеччині. Його маса трохи перевищувала півтори тонни. У березні 1976 року в Китаї спостерігали падіння більш ніж півторатонного кам'яного метеорита, що і є тепер найбільшим представником у своїй групі.**

Проте залишаються ще інші метеорні потоки, що теж іноді спалахують справжніми дощами, та надії на нові відкриття й несподіванки. Не треба забувати про щорічні потоки, що теж є не менш романтичними та теж потребують більш детального вивчення. До таких так званих «великих потоків» належать Квадрантиди з максимумом близько 3—4 січня, вже знайомі нам Персеїди (11—15 серпня) та Гемініди (12—15 грудня). Їхня інтенсивність знаходиться на рівні 80—100 метеорів на годину. Відомо також понад сотні малих потоків з інтенсивністю більше 1—3 метеорів на годину.

Окремо слід згадати денні метеорні потоки. Їхнє безпосереднє спостереження в оптичному діапазоні неможливе, тому астрономи звертаються до непрямих засобів спостережень. Так, для реєстрації денних метеорів використовують радіодіапазон. Радіометеорні спостереження доступні також аматорам, де вони роблять помітні успіхи. Широко також поставлено роботу з удосконалення спостережної апаратури та автоматизації процесу розпізнання метеорних радіосигналів.

Знання структури та інших особливостей метеорних потоків та шлейфів метеорних частинок є дуже важливим для сучасної астрономічної науки. Це має як академічне значення — питання про розподіл речовини в межах планетарної Сонячної системи та за її межами, — так і важливе прикладне значення. Так, прогнозування метеорної активності поблизу нашої планети дозволить попередити, а можливо, і надійно захистити техніку та людей, що знаходяться на орбіті, від несподіваної небезпеки.

Метеорна астрономія — один із розділів, де аматорські спостереження мають вирішальне значення. Щороку дані про сотні мільйонів метеорів надходять до Міжнародної метеорної організації від місцевих спостережних координаторів по всьому світу — такий доробок аматорів спрямований на розвиток наших знань про падаючі зірки.

## Полярні сяйва

За своєю красою та динамікою важко навіть і сказати, з чим можна порівняти полярні сяйва. «Небесні вогні», що спалахували зненацька і так само раптово зникали, завжди були приводом для здогадок та роздумів.

Тепер нам достеменно відомо, що полярні сяйва є результатом процесів, які проходять у найвищих шарах атмосфери нашої планети. Наша планета, як і всі об’єкти Сонячної системи, в певній мірі піддається постійному бомбардуванню жорсткими космічними променями Сонця. Наша атмосфера захищає життя на Землі від смертельного випромінювання. А організований цей захист магнітним полем, яке оточує Землю.

Узагалі Земля — це великий магніт. Дуже добре відомо, що, окрім географічних полюсів, які ми використовуємо як елемент прийнятої в нас системи координат, наша планета (як і всі постійні магніти) має два різнойменно заряджені магнітні полюси. Вони знаходяться у безпосередній близькості від відповідних географічних полюсів.

Як і звичайний магніт, Земля має магнітне поле, що може бути представлене у вигляді магнітних силових ліній, направлених від одного полюса до іншого. Саме це магнітне поле і не дає жорсткому космічному випромінюванню проникнути до поверхні — воно ніби «відбивається» силовими лініями. Проте на полюсах, де лінії поля (а отже, і саме поле) входять у Землю, цей захист не такий сильний. Так, високоенергетичне космічне випромінювання має змогу потрапити глибше до атмосфери та увійти в контакт з газами, що є у верхніх її шарах. Здебільшого — це азот та кисень.

Отже, гази, що знаходяться в атмосфері, іонізуються при взаємодії з променями високої енергії. Як результат — вони починають світитися. Отак і виникають полярні сяйва. Вони характерні як для Північного, так і для Південного полюсів Землі. Звичайно, полярні сяйва можна спостерігати не тільки безпосередньо на полюсах. Проте ймовірність стати свідком полярного сяйва знижується з наближенням спостерігача ближче до екватора. Вже на помірних широтах України полярні сяйва зустрічаються досить рідко.

Таким чином, полярні сяйва можна вважати свого роду «індикатором» сонячної активності. Як приклад — нещодавні потужні вибухи на поверхні Сонця. Наприкінці жовтня 2003 року на Сонці спостерігали групу плям, активність яких була рекордною за всю історію регулярних спостережень. Під час двох вибухів у цих активних зонах передбачали потужне збудження магнітосфери



*Полярні сяйва над Аляскою*

Землі. Через 1—2 доби полярні сяйва, за свідченням професіоналів та аматорів, спостерігалися на досить нетипових широтах Києва та Харкова і навіть у Бердянську!

Збудження земної магнітосфери якимось надзвичайним явищем теж може стати причиною появи аномальних полярних сяйв. Згадаємо, наприклад, Тунгуську катастрофу. Рано-вранці у глухому районі Сибіру спостерігався потужний вибух. Лише потім буде висунуто версію про те, що вибух стався на висоті декількох кілометрів над поверхнею, а всі руйнування були спричинені вибуховою хвилею. Проте магнітосфера Землі піддалася настільки сильному «струсу», що протягом кількох діб аномально яскраві та нетипові за своєю структурою полярні сяйва спостерігалися навіть на досить низьких широтах — наприклад, у Криму або Сочі!

У наш час існує міжнародна агенція, що займається дослідженням та відстеженням сонячної погоди. За допомогою космічних станцій, котрі обертаються навколо нашого денного світила, вчені проводять постійний моніторинг активності сонячного вітру та випромінювання, яке воно вивільняє. До того ж речовині, що викидається з поверхні Сонця при потужних вибухових процесах, потрібно близько двох діб для того, щоб дістатися

Землі. Світло ж витрачає на таку подорож близько 7 хвилин. Отже, спостерігаючи за активністю на поверхні Сонця, можна прогнозувати збудження магнітосфери (так звані магнітні бурі) та полярні сяйва на Землі.

Добре відомо, що стан магнітосфери Землі (а отже, активність Сонця) впливають на здоров'я та самопочуття людини, хоча механізми цього впливу ще недостатньо вивчені. Через це прогнозування сонячної активності та магнітних бурь є не менш важливим завданням, ніж щодобове прогнозування погоди метеорологами.

## Покриття зірок та планет

Покриття зірок, планет та їхніх супутників — явища, тісно пов'язані із затемненнями. Фактично, це і є затемнення одного об'єкта іншим.

Найчастіше у практиці астрономічних спостережень трапляються покриття зірок. Це й не дивно, бо зірок теж набагато більше, ніж інших об'єктів зоряного неба. Покриття зірок, як і інших астрономічних об'єктів, дає змогу вченим-астрономам застосувати непрямі способи дослідження різноманітних характеристик та властивостей цих об'єктів.

Візьмемо для прикладу покриття зірок Місяцем. Звичайно, що спостереження такого явища ускладнюється дуже високою власною яскравістю Місяця. Таким чином, за звичайних умов спостереженням піддаються тільки покриття найяскравіших зірок. (Інша справа — спостереження під час повного місячного затемнення). Спостереження покриттів зірок та планет Місяцем мають важливе наукове значення для вдосконалення карт місячного лімба (краю місячного диска). З цих причин найважливішими є так звані «дотичні покриття», коли Місяць тільки «торкається» зірки або планети. Тоді ми маємо змогу спостерігати ефект, подібний до «чоток Бейлі», десь за 30 секунд до початку повної фази сонячного затемнення: світло від покритої зірки чи планети «пробивається» крізь кратеристий рельєф місячного лімба.

Покриття зірок астероїдами, регулярні аматорські спостереження яких розпочато порівняно нещодавно, тех мають досить важливе значення для науки. За даними про тривалість покриття на різних ділянках смуги видимості можна побудувати профіль астероїда. Тобто, при належній організації таких спостережень, можна спробувати оцінити форму небесної скелі!

Якщо ж вести мову про покриття зірок планетами, то, безперечно, найцікавішими в цьому плані будуть спостереження покриттів за участю Сатурна та інших планет, що мають системи кілець. «Проблискуючи» між кільцями, зоря, що покривається,




*Покриття Сатурна 3—4 листопада 2001 року. Вхід Місяця на Сатурн (справа). Відкриття Сатурна неосвітленою частиною Місяця (зліва)*

може надати нам важливу інформацію про структуру кільцевої системи, яку за інших обставин у земних умовах отримати було б просто неможливо.

Мабуть, усе ж таки найвидовищнішими, є покриття планет Місяцем. Згадаємо недавню подію, що широко спостерігалася також і українськими аматорами. Це було покриття Сатурна Місяцем у ніч із 3 на 4 листопада 2001 року. Сам Сатурн — видовище досить красиве. Проте спостерігати в телескоп при значному збільшенні, як спочатку кільця, а потім і сама планета зникають за рельєфом місячної поверхні, — дуже захопливо! Але найцікавішим у цій події було явище відкриття планети. Якщо покриття проходило зі сторони, яка щедро плескалася у сонячних променях, то відкриття проходило з неосвітленого боку Місяця. А земному спостерігачеві це видається вкрай дивовижно: планета ніби з'являється з небуття, тобто — просто з темного неба зовсім близько до Місяця!

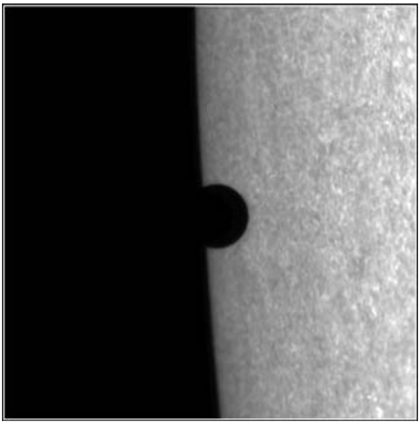
Важливо також відзначити, що аматори астрономії відіграють, по суті, провідну роль у спостереженнях покриттів. Особливо це стосується слабо вивчених покриттів зірок астероїдами, а також інших подій, для яких потрібне застосування великої кількості спостережних потужностей на значних площах поверхні Землі. Так, невпевненість у визначенні шляху видимості покриття зірки астероїдом може сягати кількох значень ширини самої смуги, що потребує мобілізації спостерігачів на кількох сотнях та навіть тисячах кілометрів! Це — якраз один із тих випадків, коли професіоналів просто не вистачило б для вирішення подібного завдання.

## Проходження планет диском Сонця

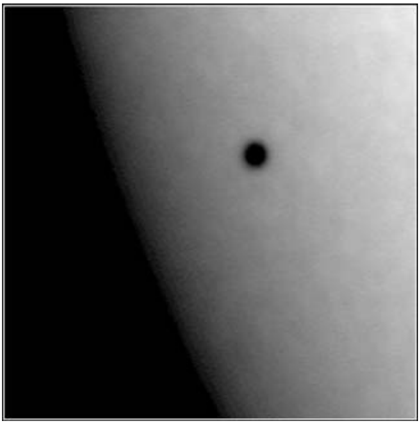
Меркурій та Венера є внутрішніми планетами, і тільки для них можливе існування ще однієї події, що описується теорією затемнень: проходження планети диском Сонця. Фактично це затемнення Сонця планетою. Проте через їхній невеликий видимий розмір зі звичайним затемненням проходження сплутати важко. Проходження планет відбуваються значно рідше, ніж навіть повні сонячні затемнення, проте спостерігати їх можна на всій денній півкулі Землі.

Через нахил орбіт Землі та Меркурія його проходження диском Сонця можливі тільки з 6 по 10 травня та з 6 по 14 листопада. Осінні проходження мають місце з періодами в 4750 діб та потім у 2550 діб. Останнє проходження Меркурія диском Сонця спостерігалося в Європі 6 листопада 1993 року. Травневі проходження, що є сприятливішими для спостереження, відбуваються з періодами 12 050, а потім — 4751 добу. Останнє спостерігалося 7 травня 2003 року і стало визначною подією для аматорів астрономії Європи та країн СНД. Наступні проходження Меркурія диском Сонця відбудуться 9 листопада 2006 року та 9 травня 2016 року. Обидва вони несприятливі для спостережень з території України.

Як би вам не здавалося, що проходження Меркурія є дуже рідкісними, все ж проходження Венери диском Сонця відбуваються ще рідше. Так, останнє проходження відбулося в далекому грудні 1882 року! Закономірність повторення проходжень теж є складні-



*Проходження Меркурія диском Сонця 7 травня 2003 року. Між першим та другим контактом. Фото: обсерваторія Ла-Пальма*



*Проходження Меркурія диском Сонця 7 травня 2003 року. Деякий час після другого контакту. Фото: Олександр Железняк*

шою: вони повторюються через 121,5; 8; 105,5; а потім знову через 8 років. Коло відновлюється. Таким чином, найближче проходження Венери диском Сонця відбулося 8 червня 2004 року і було сприятливим для спостережень на території України. Наступного доведеться чекати до 6 червня 2012 року, проте воно не буде спостерігатися в Україні повністю. Потім «відпочинок» триватиме аж до 2117 року!

Під час проходження диском нашого денного світила планети можуть зближуватися з різноманітними об'єктами сонячної поверхні, найчастіше — з плямами та їхніми групами. Якщо пощастить, дуже красивим може видатися таке проходження планети, особливо якщо найбільші представники групи плям мають розвинуті півтіні.

Окремо хотілося б звернути увагу на спостереження проходження Венери. При цьому найбільший інтерес з усіх точок зору будуть становити моменти першого та останнього (четвертого) контактів — для покриттів та проходжень справедлива та сама термінологія, що й для затемнень. Уже при першому контакті, коли планета фактично ще знаходиться поза диском Сонця, навколо диска Венери з'являється яскравий обідок. Також характерна розмитість країв Венери на сонячному диску — краї Меркурія зазвичай будуть чіткими та різкими. Саме за допомогою описаних нами фактів у 1761 році під час спостережень проходження Венери диском Сонця Михайло Ломоносов і відкрив існування навколо неї дуже густої атмосфери.

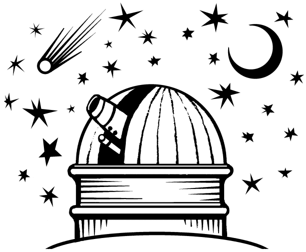
Для Меркурія такі явища нехарактерні через те, що його атмосфера вкрай розріджена. Проте існують свідоцтва про різноманітні нестаціонарні явища, що спостерігалися при проходженні Меркурія диском Сонця. Так, деякі спостерігачі зазначають, що бачили Меркурій на фоні неба за декілька хвилин до його контакту з сонячним диском. Також непоодинокими є свідчення про утворення яскравого ореола навколо планети. Можливо, це частково пояснюється тим, що диск планети потрапив на сонячний протуберанець. Проте напевне виявити причину таких нетипових картин не вдалося. На зразок так званих «короткотривалих місячних явищ» подібні свідчення найчастіше не обґрунтовані і залишаються під питанням.

# X

# АСТРОНОМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ



*Інтелектуальні знаряддя, без яких був би неможливий розвиток сучасної техніки, походять, в основному, від спостереження зірок.*
Альберт Ейнштейн.



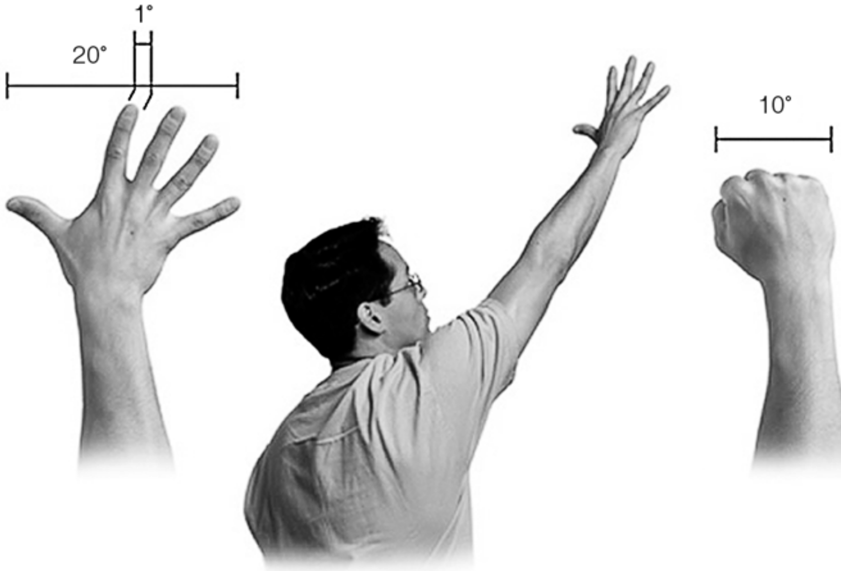
Астрономічні спостереження являють собою основу як прадавньої, так і сучасної астрономії. Як ми дізнаємося пізніше, в астрономічній науці фактично неможливо реалізувати більшість інших методів досліджень: експерименти, моделювання тощо. Коли ми з вами вивчаємо небесні тіла та події, що з ними відбуваються, ми повинні виходити з можливості спостерігати те чи інше явище. Наприклад, ми ж не можемо примусити Марс зійти над горизонтом на дві години раніше!

Є в цьому і своя позитивна риса. Бо спостереження — це не тільки основний метод роботи астрономів-професіоналів, але й улюблене заняття астронома-аматора. І саме завдяки цьому, безумовно, цікавому і романтичному виду діяльності аматори і досі можуть зробити суттєвий внесок до сучасної астрономії, і при цьому цей внесок буде мати належну наукову цінність.

## Методи астрономічних досліджень

Споконвіку основним методом досліджень, що застосовували астрономи для своєї роботи, були спостереження. Спочатку вони проводилися виключно неозброєним оком, майже без застосування іншого допоміжного приладдя. Адже найпростіші виміри на небі можна здійснювати, орієнтуючись на власні «еталони» для порівняння. Наприклад, відомо, що кутова відстань між великим пальцем руки та мізинцем дорослої людини (якщо руку розпрямити) буде дорівнювати приблизно 18 кутовим градусам. Також можна використовувати для порівняння відомі відстані між яскравими зірками.

Шкала зоряних величин перш за все також базувалася на суто візуальних порівняннях. Треба сказати, що наше око — це дуже чутливий прилад, який помічає коливання блиску та кольору майже з такою ж точністю, як і найточніші прилади сучасності. Проте ми не можемо за допомогою лише нашого зору виміряти, наскіль-




*Кутові розміри та відстані на небі зручно вимірювати за допомогою власної руки*

ки змінилася та чи інша характеристика, ми можемо лише сказати, що це сталося.

Із удосконаленням методів та технологій астрономічного приладобудування астрономи отримали можливість з високою точністю вимірювати не лише координати та яскравість, а і спектри зірок та інших об'єктів зоряного неба, а також найменші відхилення від виміряної величини в часі. Так, наприклад, стало відомо про змінність нашого Сонця (амплітуда коливань його блиску настільки незначна, що це неможливо було зареєструвати раніше).

При цьому вдосконалення приймачів астрономічних зображень зробило можливим дослідження все менш і менш яскравих об'єктів. Тепер людство має найточніші зоряні каталоги, що налічують інформацію про мільярди зірок із багатьма їхніми характеристиками.

Але прогрес не тільки надав нам можливість постійно уточнювати отримані раніше дані та просуватися в глибини ледве помітних джерел світла у безкраїх просторах Всесвіту. Розробка приймачів нових типів дозволила значно розширити діапазон електромагнітного спектра, який ми маємо змогу спостерігати. Таким чином, народилася астрономія невидимого, і вчені почали спостерігати

інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання небесних об'єктів, а також проникли у глибини радіодіапазону.

Ці нові горизонти відкрили перед астрономами досі невідомі можливості з вивчення областей зореутворення та скупчень газу й пилу, що активно випромінюють в інфрачервоному діапазоні. Новий поштовх отримали також дослідження радіогалактик й інших радіоджерел та пов'язаних з ними активних об'єктів — великих надмасивних чорних дір, квазарів, пульсарів тощо. Відкриття на порозі становлення радіоастрономії реліктового випромінювання відіграло важливу роль у розумінні механізму утворення Всесвіту.

Проте яке б виняткове значення в астрономії не було властиве саме спостереженням, як і в будь-якій іншій науці, тут є місце й експерименту та модельним дослідженням. Так, ще в перші роки, коли на Землю було доставлено зразки місячного ґрунту, вчені широко застосовували експериментальні методи для його досліджень. Наприкінці 70-х років XX століття дуже цікаві модельні експерименти були здійснені американськими астрофізиками. Вони досліджували можливу роль комет у народженні та перенесенні життя у Всесвіті. Так, було виготовлено мініатюрну модель комети, що складалася виключно з неорганічних речовин та найпростішої органіки. Її піддали жорстким умовам, близьким до реальних, наявних у міжпланетному просторі. Після закінчення експерименту вчені зробили висновок про наявність складніших органічних молекул у модельній «кометі».

Останнім часом значно зросла інформативність та обсяги роботи, що виконуються безпосередньо на об'єктах дослідження. Тобто люди частіше стали відправляти автоматичні міжпланетні станції, часто обладнані посадковими модулями. Найбільш досліджуваною планетою на сьогодні, безперечно, є Марс. На його поверхні нині перебувають два американських зонди, що виконують широкий спектр наукових завдань.

Звичайно, будь-який експеримент проходить набагато краще та є інформативнішим, якщо в безпосередній близькості перебуває сам експериментатор. Поки що рівень розвитку космічної техніки дозволив людству дослідити таким способом лише Місяць, на який людина вперше висадилася ще в далекому 1969 році. Проте сучасні астрофізики покладають велику надію на те, що в недалекому майбутньому стане реальною пілотована експедиція на Марс. Не виключено, що інтерес до відвідування Місяця найближчим часом теж зросте — нині відпрацьовуються проекти зі створення на його поверхні перших дослідних поселень.

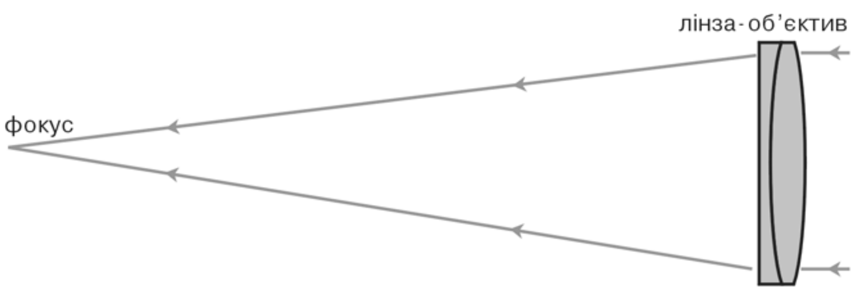
## Очі у небо — телескопи

Як і будь-яка інша наука, астрономія розвивалася крок за кроком услід за розвитком апаратного забезпечення, що дозволяло вченим наблизитися до вирішення тих чи інших завдань. Зокрема, дуже важливу роль в астрономії, як ми вже знаємо, відіграють спостереження. Отже, розвиток спостережного інструментарію — і одного з головних його представників, телескопа, є великою частиною історії проникнення людства в глибини таємниць Уранії.

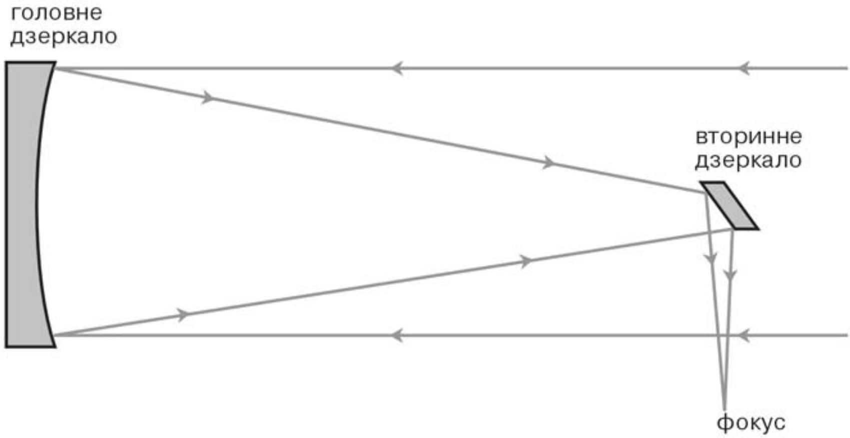
Від часу створення першого телескопа наприкінці XVI століття його зовнішній вигляд майже не змінився. Проте варто відзначити, що саме поняття «телескоп» стало набагато ширшим. Раніше цим терміном називали тільки велику підзорну трубу, а сьогодні телескопом називають прилади, які навіть приблизно не нагадують ані трубу, ані щось подібне. Такими є, наприклад, численні конструкції радіотелескопів, нейтринного телескопа та інших.

Час телескопів, як уже було сказано раніше, розпочався фактично у XVII столітті. Перші телескопи, побудовані за подобою інструмента Галілея, складалися з лінз та називалися рефракторами (від латинського *refractio* — заломлюю, перетворюю). Вони діяли за таким принципом. Опукла збиральна лінза-об'єктив заломлює паралельний пучок світла, що входить до неї, та формує зображення у своїй фокальній площині. Це зображення можна роздивитися за допомогою збільшувального скла — іншої лінзи, що отримала назву окуляр. У складніших випадках об'єктивом, як і окуляром, слугують системи лінз різної складності.

У середині того ж століття англійський вчений-фізик Ісаак Ньютон, відомий своїми дослідженнями з оптики, запропонував альтернативну конструкцію телескопа, елементами якої замість лінз




*Хід променів у трубі телескопа-рефрактора*

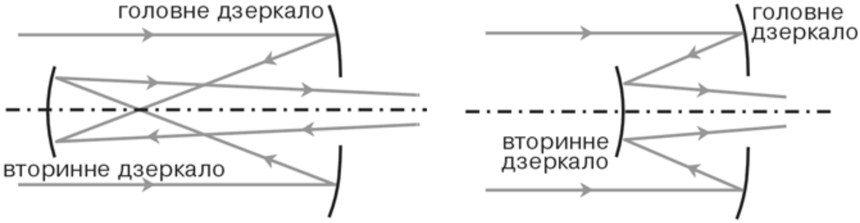


*Хід променів у трубі телескопа-рефлектора системи Ньютона*

стали дзеркала. У телескопі Ньютона промені, що входили до труби, відбивалися від увігнутого дзеркала (об'єктива або головного дзеркала) та знову поверталися до переднього краю труби телескопа. Там вони відбивалися вбік плоским діагональним (або вторинним) дзеркалом. Після цього зображення у фокальній площині можна було роздивлятися за допомогою звичайного окуляра. Різноманітні варіанти конструкції телескопів умовилися називати системами.

З відгалуженням астрономії як самостійної науки та відкриттям перших астрономічних обсерваторій при найбільших європейських, а пізніше й американських університетах спостерігалося помітне зростання та розвиток технологій виготовлення телескопів та збільшення розмірів інструментів, що прибували на «озброєння» астрономів.

Те, наскільки слабкі зірки та інші об'єкти зоряного неба можна спостерігати за допомогою певного телескопа, характеризується його так званою проникною властивістю. Ця величина незмінно залежить від діаметра телескопа, бо дуже тісно пов'язана із діаметром його об'єктива (чи то лінзи, чи дзеркала). Таку залежність легко пояснити наочно. Уявімо собі, що йде дощ, і ми набираємо воду в склянку. Якщо ми просто підставимо склянку під дощ, то вода буде набиратися досить повільно, і за певний проміжок часу її набереться небагато. Якщо ж ми підставимо під дощ лійку, а вже під неї — нашу склянку, то за той же проміжок часу води в неї набереться більше. І чим більший буде діаметр лійки, тим більше води ми зможемо набрати у склянку за один і той же



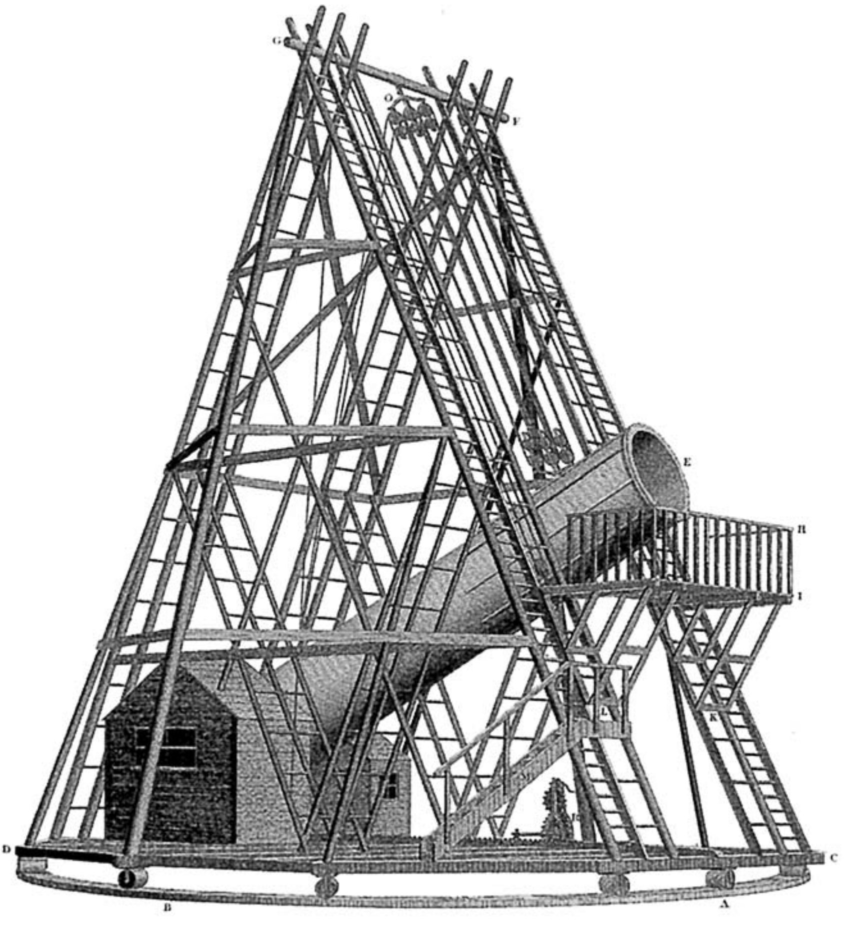

*Хід променів у трубі телескопа-рефлектора системи Грегорі (зліва) та системи Кассегрена (справа)*

проміжок часу. Тож якщо дощ — це паралельні промені світла, що йдуть від численних зірок, а склянка — це наше око, то за аналогією у першому випадку, коли ми спостерігаємо неозброєним оком, ми просто підставляємо склянку під дощ, у другому — коли ми використовуємо телескоп, то ми підставляємо під дощ лійку, а вже під лійку — склянку. І чим більший буде діаметр об'єктива цього телескопа («лійки»), тим більше світла ми зберемо для нашого ока («склянки») і тим слабші об'єкти зможемо побачити.

Саме у прагненні до збільшення розмірів телескопів і зростала майстерність їх виробників. Спочатку переважну більшість інструментів професійних обсерваторій складали рефрактори. Адже в телескопі системи Ньютона та деяких інших системах рефлекторів головне дзеркало повинно мати досить складну форму параболоїда обертання, яку непросто виготовити з достатньою точністю. Водночас лінзи рефракторів мають сферичні або плоскі поверхні та набагато простіші у виготовленні. Великими телескопами-рефракторами того часу стали Йєркський з діаметром дзеркала 102 сантиметри, телескоп Ліккської обсерваторії (91,5 сантиметрів), рефрактори у Ніцці та на Пулковській обсерваторії (обидва по 76 сантиметрів), телескопи Гринвіцької (71 сантиметр) та Віденської (68,5 сантиметрів) обсерваторій. Усі ці телескопи було побудовано на початку та в середині XIX століття, а перший із перелічених і досі залишається найбільшим у світі рефрактором. Справа в тому, що великі інструменти будувати досить складно через дуже великі розміри об'єктива, форма якого починає порушуватися під дією його власної ваги. Так, наприклад, об'єктив Йєркського рефрактора важить понад 250 кілограмів! Саме це стало головною причиною того, що розвиток та будівництво великих рефракторів було фактично зупинено.

Рефлектори, основні системи яких було розроблено іншими вченими-оптиками практично паралельно із Ньютоном, навпаки

привернули до себе увагу своєю зручнішою у виготовленні конструкцією. Основними системами рефлекторів того часу, окрім системи Ньютона, була система Грегорі (1663 рік) та Кассегрена (кінець 60-х років XVII століття). У першій з них на шляху променів, що відбиваються увігнутим дзеркалом-об'єктивом, стоїть увігнуте вторинне дзеркало, яке відбиває цей пучок назад до головного дзеркала. Там він виходить через отвір у центрі головного дзеркала та потрапляє до окуляра. Кассегрен трохи переробив цю систему, замінивши увігнуте вторинне дзеркало опуклим, що стоїть перед фокальною площиною головного. Якщо у рефракторів та рефлекторами системи Ньютона довжина труби телескопа дорівнює значенню фокусної відстані його об'єктива, то системи Гре-



*183-сантиметровий телескоп Гершеля*



*Телескоп лорда Росса у замку Берр*

горі та Кассегрена мають безперечну перевагу — труба в цих телескопів удвічі коротша за фокусну відстань об’єктива.

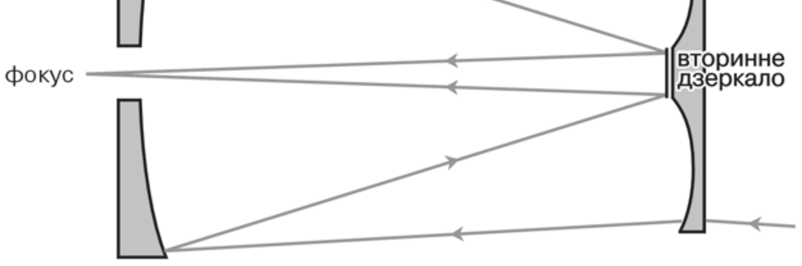
Ще одна система, що не має цієї переваги, але, безумовно, варта уваги завдяки імені свого винахідника — це система Гершеля. Цей видатний астроном та телескопобудівник кінця XVIII — першої половини XIX століття розташовував дзеркало телескопа трохи під нахилом та отримував зображення біля переднього краю труби телескопа, не користуючись вторинним дзеркалом. У 1774 році Гершель побудував свого першого телескопа із фокусною відстанню в півтора метра, після чого сконструював понад 400 телескопів. Проте справжнім вінцем його творіння став телескоп, побудований у 1845 році. Він мав у діаметрі 183 сантиметри при довжині

труби у 16 метрів! Телескоп було встановлено у замку Берр неподалік від Парсонстауна, у маєтку не менш видатного астронома-аматора сера Вільяма Парсона, лорда Росса. Останній відомий тим, що займався виготовленням великих телескопів-рефлекторів із металевими дзеркалами.

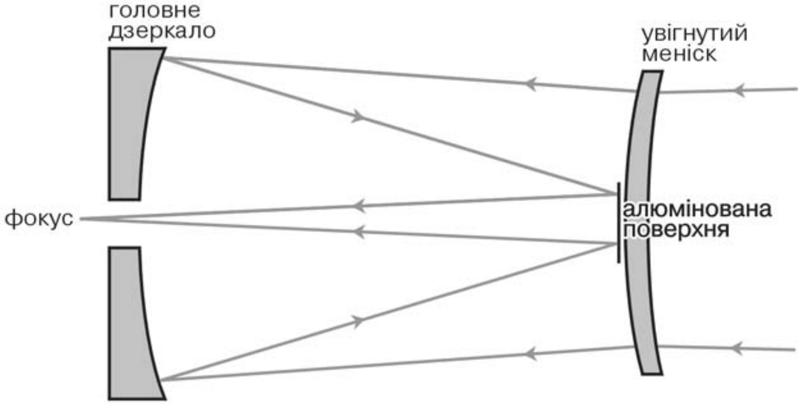
За кілька десятиліть до Гершеля віденський оптик Фрітш об'єднав принципи систем Гершеля та Ньютона. У його телескопі зображення, отримане від нахиленого головного дзеркала, відбивається маленьким плоским дзеркалом та йде практично паралельно трубі телескопа. Інструменти, побудовані за такою схемою, називаються брахітами. Вони, проте, не отримали широкого визнання, як і сама система Гершеля.

З тієї пори і до першої половини XX століття суттєвих змін в арсеналі телескопів астрономів світу не відбулося. Проте у XX столітті народилися ще дві системи, про які доцільно згадати. Це системи Шмідта-Кассегрена та Максутова-Кассегрена. Через відхилення форми головного дзеркала від форми правильного параболоїда обертання спостерігаються порушення зображення, що отримали назву сферичної аберації. Водночас сферичне дзеркало набагато простіше виготовити, ніж параболічне. Головною ідеєю згаданих нами систем якраз і було запропонувати спосіб виправлення аберації сферичного дзеркала.

У першій з них, що була запропонована оптиком Шмідтом, світло перед тим, як відбитися від головного дзеркала, проходить крізь так звану корекційну пластину Шмідта, що має досить складну форму. Після цього промені відбиваються від головного дзер-




*Хід променів у трубі телескопа-рефлектора системи Шмідта-Кассегрена*




*Хід променів у трубі телескопа-рефлектора системи Максутова-Кассегрена*

кала, а потім — від центральної частини корекційної пластини, на якій нанесено дзеркальний шар. Особливістю телескопів цієї системи є те, що без додаткової корекції фокальна площина їх не є плоскою. Через це вони не можуть бути використані для візуальних спостережень, а для фотографування треба використовувати спеціальні викривлені фотопластинки.

Радянський оптик Дмитро Максутов у 1943 році запропонував замість складної корекційної пластини використовувати увігнутий меніск (опукло-увігнуту лінзу) із дзеркальним напиленням у центрі. У телескопах системи Максутова-Кассегрена фокальна площина плоска, та вони з успіхом використовуються для вирішення широкого спектру завдань як візуально, так і іншими методами.

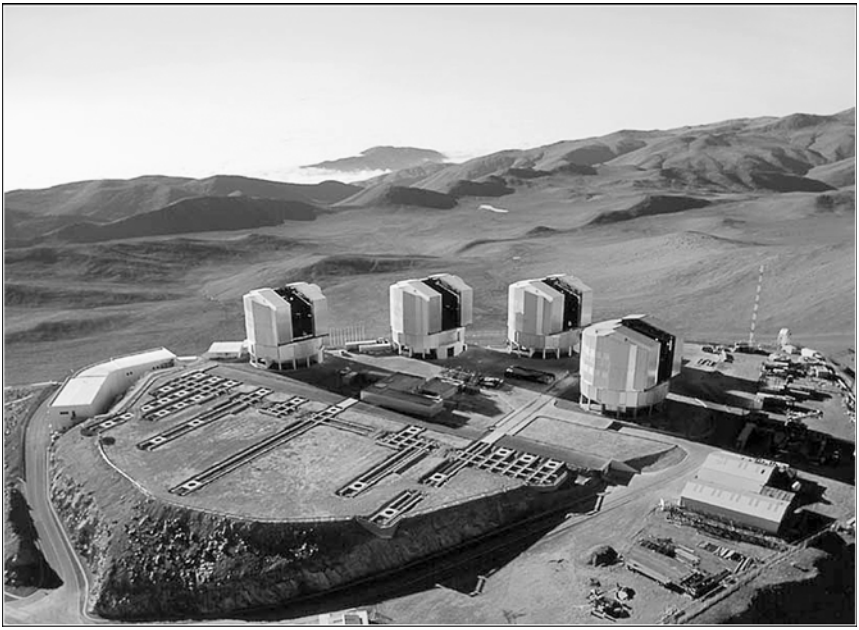
## Великі телескопи світу

Наприкінці XX століття, коли фактично нові оптичні системи вже не з'являлися, можна виділити дві тенденції розвитку телескопів: удосконалення устаткування наземних інструментів і, ближче до 90-х років, виведення телескопів на навколоземну орбіту. Паралельно з цим ішов стрімкий розвиток телескопів, які відкрили вченим інші діапазони електромагнітного спектра: найбільш близькі до оптичних — інфрачервоні та ультрафіолетові, а також радіотелескопи та рентгенівські телескопи тощо. Останні через сильне поглинання рентгенівського випромінювання атмосферою Землі, завдяки якому на нашій планеті і змогло зародитися життя, можуть ефективно працювати тільки на орбі-

ті. Далі ми познайомимося із найвидатнішими з сучасних оптичних телескопів.

Отже, у 60—70-х роках XX століття починають працювати найбільші телескопи того часу — «Велике око» обсерваторії Маунт-Паломар у США з діаметром головного дзеркала 5 метрів, за ним ВТА (Великий телескоп азимутальний), виготовлений спеціалістами Ленінградського оптико-механічного об'єднання ЛОМО. Він установлений на станції Спеціальної астрофізичної обсерваторії Академії наук Російської Федерації у горах Кавказу поблизу станиці Зеленчуцька. Свого часу ВТА був найбільшим оптичним телескопом світу. Розміри цього витвору рук людських справді вражають: при діаметрі головного дзеркала у 6 метрів він має довжину 24 метри! Цей інструмент ще тоді дозволяв фотографічно спостерігати об'єкти до 25-ї зоряної величини (для порівняння: неозброєним оком у ясну ніч ми можемо спостерігати зірки приблизно до 6-ї зоряної величини).

Справжнім піком розвитку великих телескопів стали 90-і роки XX століття. І місцем цього параду телескопів-гігантів став згаслий вулкан Мауна-Кеа на Гаваях, США. Ця територія, що має унікальний, найсприятливіший на Землі астроклімат, була оголошена науковим заповідником та дала притулок одразу кільком



*Панорама комплексу Дуже Великого Телескопа*

**Найбільшим у світі оптичним телескопом є комплекс телескопів-близнят імені Кека, що розташований на вулкані Мауна-Кеа на Гаваях, які належать Каліфорнійському технологічному інституту та Каліфорнійському університету. Їх створення проходило за фінансової підтримки фонду американського мецената У. Кека. Перший з інструментів побачив «перше світло» у 1992 році, другий став до роботи у 1996 році. Головні дзеркала телескопів, виконані за системою Річі-Кретьєна, складаються з 36 шестикутних елементів кожне. Необхідну конфігурацію дзеркал підтримує статична система підпор та активна система комп'ютерного керування. Цей метод, що носить назву «адаптивної оптики», дозволяє отримувати зображення, яке може з успіхом конкурувати з якістю знімків, отриманих орбітальним телескопом імені Хаббла.**

інструментам з діаметрами дзеркал понад 8 метрів, а також ряду телескопів з діаметрами дзеркал щонайменше понад 2 метри. Вінчають цю компанію два найбільших телескопи світу — близнята-телескопи імені Кека, кожний з яких має діаметр головного дзеркала 9,8 метра!

На особливу увагу заслуговує японський телескоп Субару із дзеркалом діаметром 8,3 метра. Це — один із перших телескопів, на якому з успіхом було застосовано технологію так званої адаптивної оптики. Унікальність цього інструмента в тому, що його дзеркало при колосальному діаметрі є дуже тонким (його товщина трохи більше 20 сантиметрів!). Воно розвантажене на більш ніж 1000 штовхачів, кожний з яких незалежно керується комп'ютером. Таким чином, форма дзеркала «реагує» на коливання атмосфери та «адаптується» до моментальних дефектів зображення. За допомогою цієї технології наземний Субару отримує фотографії, що мало поступаються за якістю зображенням з орбітального телескопа імені Хаббла. На сьогодні адаптивною оптикою устатковані майже всі найбільші телескопи світу.

Серед інших великих телескопів, установлених у світі, згадаємо комплекс «Дуже Великого Телескопа» (VLT, Very Large Telescope), що складається з чотирьох інструментів із діаметром дзеркала 8,4 метра, восьмиметрові близнята-телескопи Джеміні Північний та Південний (Gemini Northen та Gemini Southern) та інші. Слід зазначити, що всі ці телескопи не використовуються як візуальні інструменти. Вони передають зображення безпосередньо на комп'ютер у кімнату керування, де й проводять необхідну обробку даних.

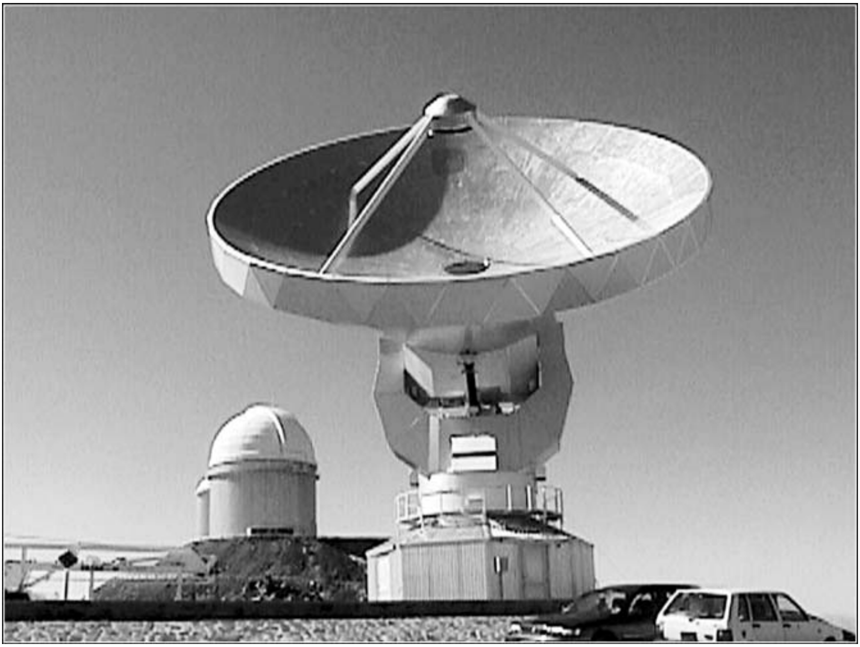
Окремо від цього арсеналу стоїть порівняно невеликий телескоп Англо-Австралійської обсерваторії, встановлений в Австралії. Це — Великий Англо-Австралійський Шмідт із дзеркалом діа-

метром 2,3 метра. Через причини, про які ми говорили вище, він, як класичний телескоп системи Шмідта, не використовується для візуальних спостережень. Відомий цей телескоп тим, що він має найбільшу у світі ПЗЗ-матрицю (з цим видом приймачів зображення ми познайомимося дещо пізніше). З його допомогою отримано найдетальніші фотоатласи неба серед тих, які були виготовлені наземними телескопами.

## Радіоастрономія

Познайомившись з телескопами, що дають нам змогу ближче та детальніше роздивитися Всесвіт, пропонуємо вам здійснити подорож до астрономії невидимого — за межі діапазону, доступного спостереженням людським оком. І почнемо ми зі світу радіохвиль, що був фактично першим відкритий серед невидимих світів спектра електромагнітного випромінювання.

Усі тіла у Всесвіті є нагрітими до певної температури. Тобто частинки, з яких вони складаються, знаходяться в постійному тепловому русі, з яким пов’язане електромагнітне випромінювання таких тіл. Зокрема, у більшості таких тіл присутнє так зване теп-



*Антена радіотелескопа*

**Найбільшим у світі є радіотелескоп обсерваторії Аресібо, що в Пуерто-Рико. Він побудований у природній впадині земної поверхні — кратері вулкана — і має в діаметрі 305 метрів. Найбільша у світі повноповоротна радіоантена, що повністю керується, розташована в обсерваторії Грін Бенк у Західній Вірджинії (США). Діаметр її антени — 100 метрів. Найбільший у світі комплекс радіотелескопів має назву Дуже Велика Решітка (VLA — Very Large Array) та розташований неподалік від Сокорро у Нью-Мексіко (США). В СНД найбільшим є радіотелескоп РАТАН-600. Найбільший у світі радіотелескоп, що працює у декаметровому діапазоні, розташований під Харковом. Це — радіотелескоп УТР-2 Радіоастрономічного інституту НАН України, що являє собою фігуру, подібну до літери «Т» із плечима 900 та 1800 метрів.**

лове радіовипромінювання. Проте це — не єдиний вид випромінювання, з яким працюють сучасні радіоастрономи.

У надрах космічних об'єктів досить часто проходять процеси, пов'язані з масивними викидами швидких заряджених частинок, із різкими, вибуховими процесами та сильними змінами електромагнітних полів. Ці події також супроводжуються випромінюванням у радіодіапазоні. Таке радіовипромінювання, джерелом якого є дуже швидкі заряджені частинки, називається нетепловим (науковці досить часто звуть його синхротронним).

Найважливішим інструментом радіоастрономів є, звичайно, радіотелескоп. Це — цілий комплекс механізмів та приладів, головним елементом якого є антена. Антени сучасних радіотелескопів подібні за принципом дії до дзеркал оптичних телескопів, тільки вони мають значно більший діаметр та збирають хвилі з більшою довжиною — тобто хвилі радіовипромінювання.

Як і для оптичних телескопів, для радіотелескопів є сенс будувати якнайбільші за діаметром антени з метою підвищення їх чутливості та роздільної здатності. Сучасні радіоастрономи використовують дзеркала діаметрами до 100 метрів, що можна навести на будь-яку точку неба. Проте будівництво навіть таких, або й ще більших за розмірами повноповоротних інструментів викликає великі труднощі. Тому більші антени або складаються з комплексу менших за розмірами, або не є повноповоротними.

Окремим підрозділом радіоастрономії є радіолокаційна астрономія, що займається вивченням менш віддалених від нашої планети об'єктів, які здебільшого належать Сонячній системі. Методи радіолокації дозволили астрономам проникнути в таємниці Венери, яка ховає свою поверхню під щільним шаром хмар. Радіолокаційна астрономія служить також джерелом важливої інформації щодо обертання планет та великих астероїдів, фізичних вла-

стивостей матеріалу їхньої поверхні. За її допомогою астрономи змогли уточнити параметри орбіт численних небесних тіл.

Радіоастрономія значно розширює можливості для комплексного вивчення об'єктів Всесвіту. Чутливі радіотелескопи надають змогу здійснювати приймання космічного радіовипромінювання цілодобово та майже не беручи до уваги вплив погодних умов, оскільки радіохвилі спроможні проходити крізь хмари у земній атмосфері.

Слід відзначити, що в останні кілька років методи радіоастрономії широко та активно впроваджуються в аматорську астрономічну практику. Так, широкого використання досягли радіоастрономічні методи спостереження метеорних потоків, що можуть проводитися навіть у світлий час доби та не піддаються впливу погодних умов. Це дуже важливо при вивченні так званих денних метеорних потоків (їх ще називають радіопотоками), а також під час моніторингу рідкісних явищ у метеорній астрономії (метеорних штормів тощо), коли результативним візуальним спостереженням може заважати висока хмарність.



*Антенне поле радіотелескопа УТР-2 Радіоастрономічного інституту НАН України*

Вивчення усіх видів радіовипромінювання дозволяє детальніше досліджувати процеси, що проходять у зірках, туманностях, галактиках. Це також надає великі можливості для кращого розуміння структури небесних об'єктів, розподілення «темної речовини» та міжзіркового газу в нашій Галактиці. Саме за допомогою радіоастрономії було відкрито реліктове випромінювання, що стало знаменною подією в розвитку космогонії — науки про виникнення та розвиток небесних тіл.

## Гамма-астрономія та нейтринна астрономія

Гамма-астрономія — це розділ астрономії, що займається вивченням джерел космічного гамма-випромінювання, тобто дуже високоенергетичного випромінювання з довжиною хвилі менше $10^{-11}$ метра. Таке випромінювання виникає під час ядерних реакцій при взаємодії елементарних часток, що мають дуже високі енергії, а також при взаємоперетвореннях частинок та античастинок у випромінювання.

У ході спостережень за допомогою приладів, встановлених на супутниках та міжпланетних автоматичних станціях, було зареєстровано гамма-випромінювання Сонця, пульсарів, деяких подвійних зірок, центру нашої Галактики та ядер ще деяких галактик з активними центрами. Випромінювання Сонця пояснюється численними ядерними процесами, що проходять у його надрах. Воно значно посилюється під час спалахів у його хромосфері. Гамма-випромінювання пульсарів утворюється, очевидно, у регіонах, близьких до поверхні відповідної нейтронної зірки. Його інтенсивність змінюється в часі з тим самим періодом, що і рентгенівське та радіовипромінювання пульсара.

У нашій Галактиці відкрито також джерела гамма-випромінювання невідомого походження, що сконцентровані у площині диска Галактики. Одним із найдивовижніших відкриттів у цій галузі стало спостереження в останні десятиліття гамма-сплесків — короткочасних імпульсів гамма-випромінювання тривалістю усього від однієї десятої до кількох десятків секунд. Природа гамма-сплесків досі залишається невідомою.

Нейтринна астрономія є теж досить цікавим і, певним чином, екзотичним підрозділом сучасної астрономії. Вона досліджує небесні тіла, що випускають у простір Всесвіту нейтрино, елементарні частинки, що не мають електричного заряду та рухаються зі швидкістю світла. Нейтрино утворюються в надрах зірок, де проходять термоядерні реакції. Особливо потужні потоки нейтрино формуються під час спалахів Наднових зірок.

Цікаві нейтрино перш за все тим, що вони дуже слабко взаємодіють із речовиною. Зірки, навіть у самому центрі (де густина речовини просто колосальна!), є практично повністю прозорими для нейтрино, і вони без перешкод виходять з їхніх надр у міжзоряний простір. Таким чином, реєстрація нейтрино дозволяє визначити температуру, густину та хімічний склад у центральних областях зірок, що є недосяжними для дослідження іншими засобами.

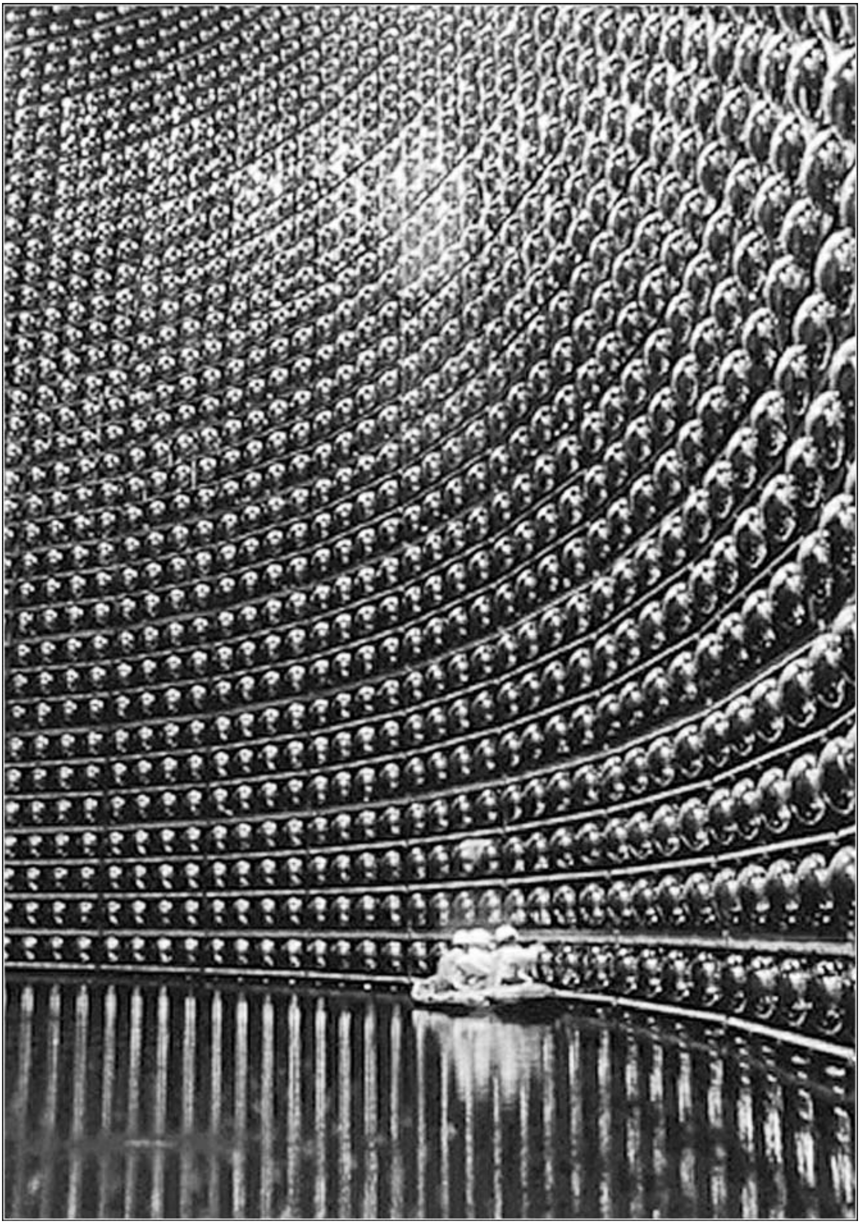


*Контейнер із хлорвмісною речовиною, що знаходиться глибоко під землею у шахті — частина експерименту з пошуку сонячних нейтрино у Південній Дакоті, США*

Проте саме через дуже слабку здатність до взаємодії з речовиною реєструвати нейтрино досить важко. Це можна зробити, лише спостерігаючи за тими змінами та перетвореннями, до яких приводить така взаємодія. Так, наприклад, у реакції з ядром Хлора утворюється ядро радіоактивного Аргона. Вимірюючи швидкість утворення радіоактивного Аргона у реакційному об'ємі, що містить певну речовину з атомами Хлора, можна зареєструвати потік нейтрино, який приводить до таких змін.

Перетворення, спричинені нейтрино, проходять дуже повільно. Так, у майже двох тисячах тонн хлору під впливом сонячних нейтрино утворюється лише один атом Аргона за добу! Щоб уникнути космічного проміння та інших чинників, які заважають дослідженням, нейтринні телескопи розташовують глибоко під землею у шахтах або тонелях.

На сьогодні здійснено спроби дослідження нейтринного випромінювання Сонця. Результати експериментів свідчать про те, що потужність потоку сонячних нейтрино помітно менша за обчислену теоретично. Пояснення цьому феномену поки що не



*Один із перших у світі нейтринних телескопів — японський проект «Супер-Каміоканде»*

знайдено. Реєстрація нейтринного випромінювання інших небесних об’єктів знаходиться поки що на межі чутливості сучасних нейтринних телескопів і перебуває серед завдань найближчої перспективи.

## Приймачі астрономічних зображень

Повертаючись до найбільш традиційного для аматорів астрономії діапазону — видимого — слід сказати, що дуже велике значення для підвищення цінності аматорських астрономічних спостережень та знахідок відіграло помітне вдосконалення пристроїв для реєстрації зображень астрономічних об'єктів в останні роки.

Дійсно, коли астрономія як наука тільки розпочинала свою історію, головним інструментом спостережень було наше око. Пізніше його почали «озброювати» різноманітними приладами, найпоширенішим із яких став телескоп. У ту пору аматори мали майже ті ж самі шанси зробити вагоме відкриття, що й професіонали: справа була тільки в регулярності спостережень та потужності телескопа, який використовувався.

Насправді людське око — інструмент унікальний. За багатьма характеристиками жоден прилад, навіть найсучасніший, поки що не перевершив цей дивовижний витвір природи. Наприклад, відмінність кольорових відтінків ми реєструємо з дуже великою точністю. Якщо ми не можемо помітити таку зміну нашим власним оком (звичайно, якщо в людини відсутні проблеми з зором), то це буде неможливо і за допомогою спеціального приладдя. Те ж саме можна сказати й про зміни яскравості.

То чому ж ми прагнемо використовувати рідкісну, дорогу, та не таку вже й надійну апаратуру? Справа в тому, що існує два принципових моменти, які викликають у природного органа зору труднощі. Так, за допомогою нашого власного ока ми можемо лише сказати, що зміна кольору або яскравості відбулася, але не можемо напевне сказати наскільки. Тільки якщо ми будемо використовувати об'єкти порівняння, розташовані неподалік, та робити наші оцінки за короткий проміжок часу, — тільки тоді ми зможемо отримати якісну порівняльну картину. Справді, такі методи застосовують для візуальної фотометрії (вимірювання яскравості) комет та змінних зірок. Дані, що отримають досвідчені спостерігачі, можуть і не поступатися точністю електронним засобам вимірювання.

Друга проблема, з якою ми стикаємося, — це досить вузький інтервал частот електромагнітного випромінювання, доступного для спостережень. Наше око бачить світло (тобто випромінювання) тільки в інтервалі приблизно від 400 до 700 нанометрів (один нанометр — це одна мільярдна метра). Все, що лежить за цією межею, можна спостерігати лише за допомогою спеціальних приладів.

У попередніх розділах ми з вами познайомилися з основними напрямками досліджень у цих невидимих областях електромагнітного спектра. Ми стали трохи ближче до «астрономії невидимого». Тепер давайте дізнаємося, які допоміжні спеціальні засоби використовують астрономи у спостереженнях видимого Всесвіту.

### *Астрофотографія*

Напевне, вам відомо, що фотографія з'явилася в першій половині XIX століття. І вже через декілька років, у 1839 році було зроблено перші спроби застосувати можливості нової техніки для отримання зображень астрономічних об'єктів. У Російській імперії першу астрономічну фотографію було отримано у 1844 році в Казані Е. Кнорром під час спостережень місячного затемнення.

До того часу для того, щоб залишити якесь документальне свідчення про певну подію, спостерігач, дивлячись в окуляр телескопа, повинен був замалювати відповідне зображення. Певна річ, ні про яку об'єктивність такого малюнка здебільшого не могло бути й мови. Тобто цей матеріал був придатний для якісного аналізу, але не давав абсолютно ніяких можливостей для кількісного вивчення.

Уведення фотографії в практику астрономічних спостережень відкривало нові горизонти у таких областях, як вивчення змінних зірок, Місяця, Сонця тощо. Але це був тільки перший крок!

Усе почалося з миттєвих експозицій, що давали змогу зареєструвати тільки найяскравіші об'єкти. Навіть неозброєним оком спостерігач міг побачити значно більше. Проте скоро стало зрозуміло, що, окрім об'єктивності отримуваних даних, астрофотографія може відкрити нову досить цінну можливість: ми можемо фотографувати об'єкти, надто слабкі для того, щоб їх спостерігати оком навіть за допомогою того ж самого телескопа. Так почалася ера приймачів зображення, що «вміють» накопичувати світло від далеких об'єктів Всесвіту.

І тут ми стикаємося з новою проблемою: обертання нашої планети навколо власної осі! Через це небо, яке ми спостерігаємо, теж обертається (тільки в протилежному напрямку) з тією ж швидкістю, і це заважає робити тривалі експозиції. Це тільки так здається, що за досить короткі проміжки часу осьове обертання Землі непомітне. Спробуйте навести телескоп зі збільшенням у 100—120 разів на зірку, і ви побачите, як швидко (буквально на очах!) вона «випливе» з поля зору. Також рух Сонця не дуже помітний за короткі проміжки часу. Але поспостерігайте за денним світилом




*Складний електронний годинниковий механізм — атрибут і сучасних аматорських телескопів*

протягом його заходу за чистий горизонт. Ви теж побачите, як воно на очах ховається за небосхилом.

Проте і цю проблему можна вирішити, створивши відповідні механізми, що будуть компенсувати таке обертання. Спочатку це були просто мікрометричні ключі на монтуваннях телескопів. Потім їх було удосконалено із застосуванням механіки та електроніки. Нині цими пристроями обладнано майже всі сучасні середні та великі телескопи, а також ними комплектується багато середніх аматорських інструментів. Це невеликі механічні або електронні двигуни, що рухають трубу телескопа за добовим рухом неба. Завдяки їм ми можемо майже без втручання з боку спостерігача використовувати експозиції тривалістю більше години!

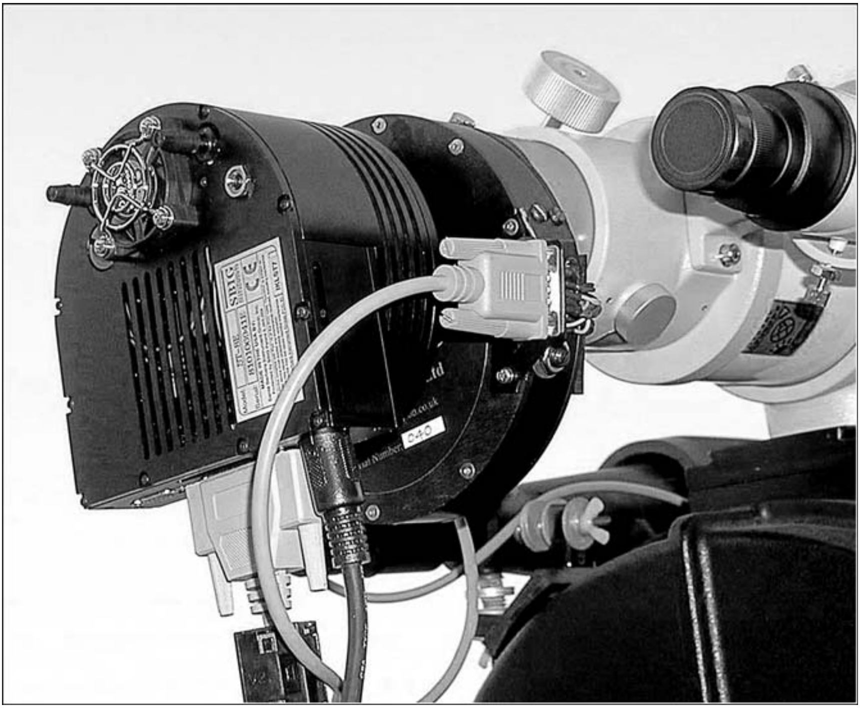
Наступним кроком було створення чутливих фотоемульсій, що при певній експозиції дозволили б отримувати зображення все більш слабких об'єктів. За часів становлення астрофотографії для того, щоб отримати зображення слабкого об'єкта, використовували багатогодинні експозиції, що тривали іноді кілька ночей! Тепер для отримання навіть якісніших фотографій на менших телескопах астрономи використовують значно менші часові інтервали.

### *Сучасні електронні засоби реєстрації*

Проте навіть астрофотографія, що надала людству величезні можливості і потужний поштовх до розвитку багатьох розділів астрофізики та космології, вже не задовольняє зростаючих потреб сучасної наукової спільноти. Подальше вдосконалення методів та засобів реєстрації світла, що збирається у фокальній площині телескопів, привело до появи цілої низки електронних приладів.

Піонером серед таких приладів став фотоелектронний помножувач, що й досі активно застосовується для фотометрії точкових джерел світла. Суть його роботи полягає в тому, що використовується матеріал, який помножує кількість електронів на виході порівняно із вхідною їх кількістю. Наприклад, можна використати такий фотоелектрод, із якого один фотон здатний вибити 2 електрони. Якщо розташувати каскадом кілька таких фотоелектродів, то на виході можна отримати значне помноження вхідного сигналу.

Трохи пізніше, услід за фотоелектронними помножувачами, учені почали вводити до астрономічної спостережної практики




*ПЗЗ-камера SBIG ST8e на окулярному вузлі телескопа*

цифрові технології і разом з ними — так звані прилади із зарядовим зв’язком (ПЗЗ). Це —відомі багатьом із вас матриці, що є одним із найважливіших вузлів цифрових фотокамер, відеокамер тощо. Принцип їхньої дії полягає в тому, що кожен піксель (точка) зображення утворюється окремим фоточутливим елементом. Щоправда, в астрономічних ПЗЗ-камерах такі елементи мають набагато більшу чутливість, ніж у побутових камерах.

Саме завдяки сучасним ПЗЗ-камерам аматори астрономії мають змогу конкурувати із професіоналами навіть у таких областях, як відкриття нових комет та астероїдів, спостереження Наднових зірок в інших галактиках тощо. Якщо для досягнення телескопом його граничної фотографічної зоряної величини потрібні годинні експозиції, то за допомогою ПЗЗ-камер візуальний ліміт (гранична візуальна зоряна величина) досягається вже за одну хвилину! Новітні засоби реєстрації астрономічних зображень надають також широкі можливості для детальних спостережень об’єктів Сонячної системи.

Треба сказати, що багато зроблено аматорами на терені вдосконалення побутових засобів реєстрації зображень з метою їхньої адаптації до астрономічних цілей. Так, широкого використання отримала переробка веб-камер та пристосування їх до телескопів з метою подальшого використання для планетної зйомки. Такі пристрої зручно також використовувати для отримання зображень досить яскравих і великих об’єктів та подій — сонячних та місячних затемнень, проходжень планет диском Сонця тощо.

Застосування побутової техніки в астрономічних спостереженнях не обмежується використанням веб-камер. Для спостережень метеорів аматори, наприклад, широко пристосовують звичайні побутові відеокамери. Це дозволяє проводити детальніший моніторинг метеорної активності та неодноразово повертатися для аналізу даних, отриманих за певний період спостережень.

Поширення нових сучасних технологій отримання зображень значно розширило діапазон їхнього використання в аматорській астрономічній практиці та надало аматорам можливості отримувати цінніші для сучасної науки результати.

## Храми Уранії — на Землі та в небі

Наукові інституції, що займаються систематичними спостереженнями небесних об’єктів та явищ і дослідженнями в галузі астрономії, носять назву астрономічних обсерваторій. Здебільшого професіональні обсерваторії устатковані спостережними інструментами (оптичними телескопами та радіотелескопами) й ком-

плексом спеціальних приладів для обробки та подальшого зберігання отриманих даних.

Створення перших астрономічних обсерваторій сягає в глибину віків. Найдавніші обсерваторії було побудовано у Вавилоні, Китаї, Єгипті, Персії, Індії, Мексиці та деяких інших державах кілька тисячоліть тому. Давньоєгипетські жерці, що, по суті, й були першими астрономами, вели спостереження з плоских майданчиків, спеціально зроблених на вершинах пірамід.

В Англії було знайдено залишки дивовижної конструкції, що, на думку сучасних вчених, є астрономічною обсерваторією, побудованою ще в кам'яному віці — Стоунгендж. «Інструментами» для спостережень на цій обсерваторії, що служила водночас і храмом, були величезні кам'яні плити, встановлені в спеціальних місцях у певному порядку. Ще одну давню обсерваторію було знайдено неподалік від Єревана, у Вірменії. На думку археологів, вона була побудована близько п'яти тисяч років тому задовго до виникнення Урарту.

Видатну обсерваторію, що увійшла в аннали астрономічної науки, створив свого часу великий узбецький астроном Улугбек у XV столітті. Головним її інструментом був гігантський квадрант для вимірювання кутових відстаней між зірками та іншими небесними світилами. За безпосередньої участі Улугбека саме на цій обсерваторії було створено відомий каталог, що містив записи про 1018 зірок, координати яких було визначено з небаченою до того точністю. Довгий час цей каталог вважався найкращим у світі.

Перші обсерваторії у їхньому сучасному розумінні і вигляді почали з'являтися на початку XVII століття після того, як було винайдено телескоп. Першою великою астрономічною обсерваторією, що з'явилася за державної ініціативи, стала Паризька обсерваторія. Сталося це в 1667 році. В 1675 році розпочала свою роботу Гринвіцька обсерваторія Королівської академії наук Великобританії.

Сучасні обсерваторії займаються широким спектром наукових завдань практичної й теоретичної астрономії та суміжних наук. Існує також ціла низка спеціалізованих обсерваторій, що призначені для здійснення спостережень та подальших досліджень досить вузької тематики. Такими є, наприклад, станції лазерного спостереження супутників Землі, широтні станції, обсерваторії Міжнародної служби Сонця тощо.

Окрім професіональних астрономічних обсерваторій, що є науково-дослідними установами, у всьому світі працює понад півсотні публічних обсерваторій. Вони ставлять перед собою науково-просвітницькі цілі та здебільшого існують при планетаріях, великих

астрономічних товариствах та музеях науково-технічних досягнень. Як правило, вони оснащуються порівняно невеликими інструментами та призначені для публічних демонстрацій небесних світил та явищ.

Особливу категорію обсерваторій, що є розповсюдженою здебільшого в країнах Західної Європи та особливо у США, становлять учбові астрономічні установи, які створюються при коледжах та університетах. Вони призначені як для реалізації якісного навчання висококваліфікованих спеціалістів, так і для забезпечення можливості студентів вести самостійну наукову роботу.

Наприкінці XVIII століття число обсерваторій у всьому світі досягло сотні, у кінці XIX століття їх було вже понад 400. У наш час на планеті працює понад 500 астрономічних обсерваторій, більшість з яких розташовано в Північній півкулі.

### *Головна астрономічна обсерваторія НАН України*

Головна астрономічна обсерваторія (ГАО) Національної Академії наук України — це центральний заклад, що координує зусилля професійних астрономів усієї нашої держави. Обсерваторію засновано у липні 1944 року за ініціативою та під керівництвом академіка АН УРСР, астронома та геофізика О. Я. Орлова, який



*Головний інструмент спостережної станції ГАО НАН України на піку Терскол (Кавказ)*

і став її першим директором. Обсерваторія розташована неподалік від Києва у Голосіївському лісі.

Від самого початку обсерваторія будувалася як заклад, призначенням якого повинні були стати астрометричні спостереження та дослідження. Поступово спектр проблем, що цікавив співробітників обсерваторії, розширювався. Згодом до складу обсерваторії увійшли відділи фундаментальної та фотографічної астрометрії, фізики Сонця та астрофізики.

Нині науковий колектив обсерваторії успішно вирішує цілу низку актуальних проблем у галузях астрометрії, фізики зірок та галактик, фізики Сонця та тіл Сонячної системи, космічної геодинаміки, фізики космічної плазми. Обсерваторія має також власний астрокосмічний інформаційно-обчислювальний центр.

Першими інструментами обсерваторії були 19-сантиметровий вертикальний круг та 40-сантиметровий астрограф, що за призначенням планувалися як суто астрометричні інструменти. З розширенням тематики діяльності науковців ГАО встановлювалися й нові інструменти. Так, з початку 1950-х років з'явилися малий сонячний телескоп зі спектрографом, хромосферний телескоп, 70-сантиметровий рефлектор АЗТ-2, горизонтальний сонячний телескоп, 40-сантиметровий подвійний ширококутний астрограф.

З 1970 року було розпочато будівництво астрофізичного філіалу ГАО. Тепер це — одна із спостережних станцій обсерваторії, що розташована на Північному Кавказі (Російська Федерація) на піку Терскол на висоті 3100 метрів. Тепер на станції встановлено два сонячних телескопи, 60-сантиметровий рефлектор та двометровий рефлектор фірми «Карл Цейсс».

### *Обсерваторія Харківського університету*

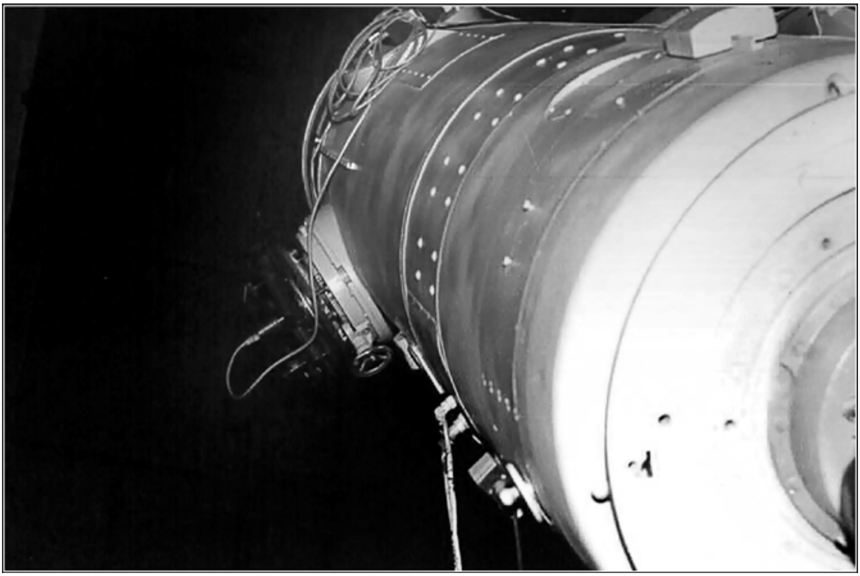
Науково-дослідний інститут астрономії при Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна був першим науковим астрономічним формуванням на території сучасної України. Перший астрономічний кабінет, що став своєрідним прототипом майбутньої обсерваторії, було засновано ще у 1809 році. Проте протягом кількох десятиліть з різних причин постійної обсерваторії створено не було.

Фактично історія самої обсерваторії розпочинається в середині 1880-х років, коли І. І. Федоренко, що керував тоді кафедрою астрономії університету, розпочав будівництво постійної обсерваторії. Значного вдосконалення зазнала вона і за його послідовників, зокрема Л. О. Струве, онука засновника Пулковської обсерваторії. На території сучасної обсерваторії навіть збереглася башта, що була побудована за часів Струве — у 1896 році.

Цілий пласт історії розвитку та наукового доробку, а в результаті — створення потужної наукової школи становить діяльність на посту директора обсерваторії видатного українського астронома та громадського діяча академіка М. П. Барабашова, що свого часу був також ректором університету та займав посаду завідувача кафедри астрономії.

Сучасна обсерваторія має кілька інструментів, що дозволяють отримувати вагомі результати в основних галузях астрономії та астрофізики: у фізиці Сонця, астрофізиці Місяця та планет, астрометрії, зоряній астрономії, дослідженні малих тіл Сонячної системи, теоретичній астрономії та методах обробки астрономічних зображень.

Серед основних інструментів обсерваторії — 20-сантиметровий рефрактор фірми «Карл Цейсс», 20-сантиметровий рефлектор АЗТ-7, 27-сантиметровий рефлектор, пасажний інструмент, астрограф, горизонтальний сонячний телескоп. Обсерваторія має також заміську спостережну станцію за 70 кілометрів від Харкова, біля с. Іванівка Чугуївського району, де розташований 70-сантиметровий рефлектор АЗТ-8 та сонячний телескоп АФР-2. База обсерваторії знаходиться в безпосередній близькості від найбільшого у світі декаметрового радіотелескопа УТР-2 Радіоастрономічного інституту НАН України.



*70-сантиметровий рефлектор АЗТ-8 Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії при Харківському національному університеті*

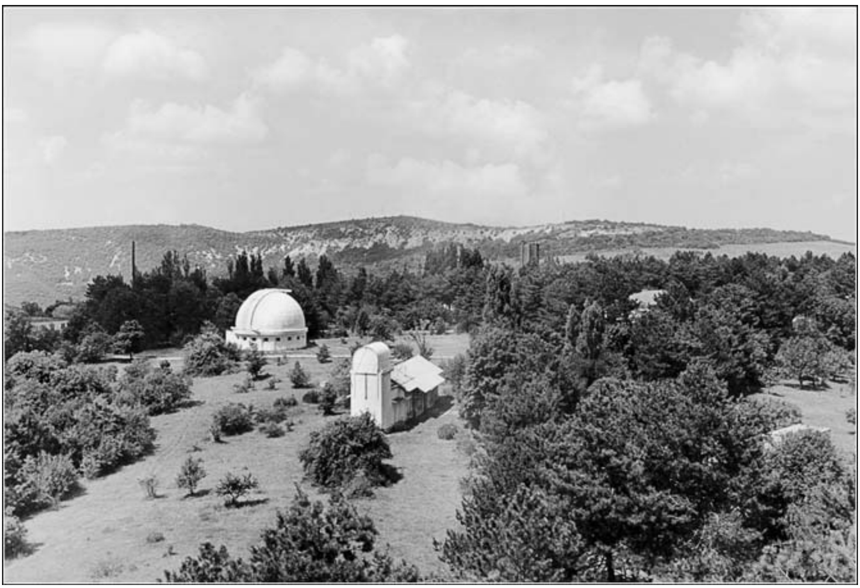
### *Кримська спеціальна астрофізична обсерваторія*

Кримська спеціальна астрофізична обсерваторія є найбільшою та найавторитетнішою науковою астрономічною установою сучасної України. Обсерваторію було створено у 1945 році на базі Сімеїзького відділення Пулковської обсерваторії, яке відкрилося в 1908 році.

Обсерваторія устаткована сучасним обладнанням, що дозволяє проводити всебічні астрофізичні дослідження у широкому спектральному інтервалі — від жорсткого космічного випромінювання до метрових радіохвиль. Там ведуться дослідження найрізноманітніших об'єктів Всесвіту — від штучних супутників Землі та малих тіл Сонячної системи до позагалактичних утворень.

В обсерваторії є відома на всю Україну та далеко за її межами приладобудівна майстерня, де виготовляють унікальну астрофізичну апаратуру як для наземних, так і для космічних досліджень.

Основними напрямками наукової діяльності КрАО є дослідження активних ядер галактик та інших джерел космічного проміння, будова, хімічний склад та нестаціонарні процеси у зірках, фізика Сонця та сонячна активність, планети, малі тіла Сонячної системи, астероїди, що наближаються до Землі.



*Кримська спеціальна астрофізична обсерваторія*



*Панорама Пулковської обсерваторії*

Окремим напрямком діяльності інженерів КрАО є розробка й виготовлення наземних та космічних оптичних телескопів, а також іншої світлоприймальної апаратури.

Основна частина обсерваторії розташована в селищі Науковому, що за 12 кілометрів від Бахчисарая, на висоті 600 метрів над рівнем моря. Тут розташовані основні оптичні інструменти обсерваторії, серед яких і 2,6-метровий телескоп-рефлектор імені академіка Шайна.

У селищі Кацивелі поблизу Сімеїза розташована радіоастрономічна лабораторія КрАО, обладнана 22-метровою повноповоротною радіоантеною РТ-22.

### *Пулковська обсерваторія*

Головна астрономічна обсерваторія Академії наук Російської Федерації була заснована у 1839 році видатним російським ученим В. Я. Струве та розташована на Пулковських висотах за 20 кілометрів на південь від Санкт-Петербурга. Свого часу ця обсерваторія справедливо вважалася центральним науково-дослідницьким астрономічним закладом світу.

На час заснування в обсерваторії було встановлено 38-сантиметровий рефлектор, а півстоліття потому — 76-сантиметровий. Колись ці телескопи були найбільшими у світі.

Обсерваторія була відома на весь світ точністю спостережень. Зокрема, відомими були роботи, присвячені визначенню координат зірок та складанню зоряних каталогів, визначенню астрономічних констант, спостереженню подвійних зірок та супутників планет Сонячної системи. Співробітники обсерваторії проводили також дослідження в галузі географії, навігації та мореплавства.

Як і багато інших, обсерваторія спочатку була призначена для астрометричних спостережень. Подальший розвиток теоретичної та спостережної астрономії спричинив значне розширення наукових інтересів працівників обсерваторії. Устаткування обсерваторії було теж значно вдосконалене, розширився спектр інструментів та приладів. Так, на обсерваторії з'явилися астрографи для фотографування зоряного неба, фотометри для вимірювання яскравості небесних світил, спектрографи для вивчення їхніх спектрів, сонячні телескопи для спостереження явищ на нашому денному світилі.

Для спостережень зірок, що невидимі на широті Пулкова, було відкрито два філіали: астрофізичний у Сімеїзі (Крим, Україна) та астрометричний у Миколаєві (Україна). На сьогодні працює лише Миколаївське відділення: станція в Криму була ще за радянських часів передана Астрономічній раді АН СРСР.

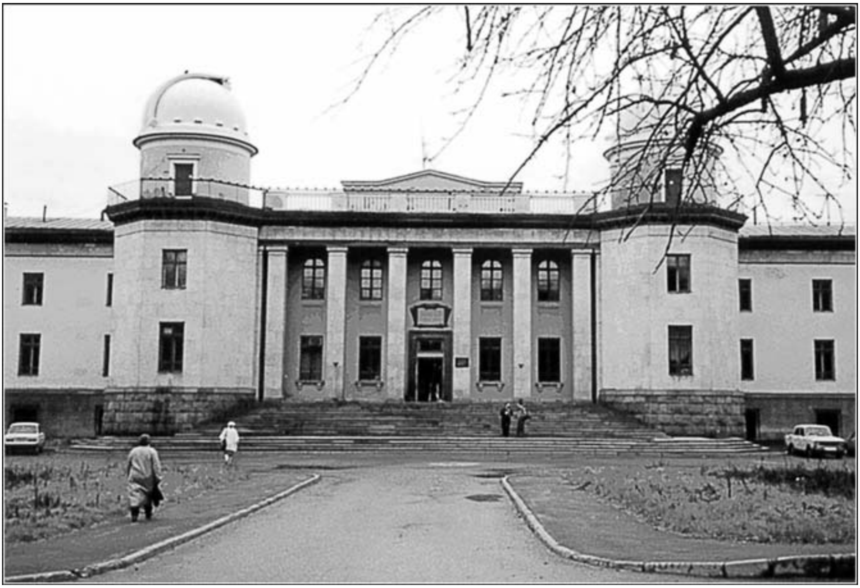
### *Державний астрономічний інститут імені П. К. Штернберга*

Державний астрономічний інститут імені П. К. Штернберга при Московському державному університеті імені М. В. Ломоносова є однією з найавторитетніших астрономічних установ СНД та світу.

Уперше астрономічну обсерваторію у Москві було збудовано у 1830 році. Саме на її базі в 1931 році було створено Інститут імені Штернберга.

Нині Державний астрономічний інститут імені Штернберга розташований поблизу комплексу МДУ на Ленінських горах. Окрім цього, Інститут має низку спостережних філіалів: Кримську південну спостережну станцію, Тянь-Шанську високогірну експедицію та високогірну середньоазійську експедицію, де встановлені основні інструменти інституту.

Найбільший інструмент — 125-сантиметровий рефлектор — установлений на Кримській станції ДАІШ. Серед інших інструментів: 70-сантиметровий рефлектор, вертикальний сонячний теле-



*Головний корпус Державного астрономічного інституту імені П. К. Штернберга*

скоп, 40-сантиметровий астрограф, 50-сантиметровий менісковий телескоп та інші.

Тематика наукових досліджень співробітників Інституту охоплює широкий спектр проблем сучасної теоретичної та практичної астрономії та астрофізики. Так, робота ведеться у галузях космології, фізики зірок та туманностей, зоряної астрономії. Проводяться також вивчення галактик та їх взаємодії, дослідження фізики Сонця та планет, радіоастрономічні спостереження. Багато уваги науковці інституту приділяють проблемам астрометрії, астродинаміки, гравіметрії (науки про вимірювання сили тяжіння), небесної механіки. В інституті працює також Служба часу.

### *Спеціальна астрофізична обсерваторія РАН*

Спеціальна астрофізична обсерваторія Академії наук Російської Федерації — фактично найбільша астрономічна науково-дослідна установа в СНД. Розташована САО на Північному Кавказі, у Карачаєво-Черкесії, неподалік від станиці Зеленчуцька на висоті 2100 метрів над рівнем моря.

Обсерваторію було засновано у 1966 році. Відома САО перш за все тим, що в її арсеналі — два колись найбільші в світі телескопи: оптичний шестиметровий Великий телескоп азимутальний (ВТА) та радіотелескоп РАТАН-600.



*6-метровий телескоп Спеціальної астрофізичної обсерваторії РАН*

Перший з них було розроблено та виготовлено спеціалістами Ленінградського оптико-механічного об'єднання (ЛОМО), що досі є одним із лідерів світового виробництва точної та надійної оптики для найширшого спектру застосування, під керівництвом відомого радянського інженера-оптика Б. К. Іоаннісіані. Загальна вага телескопа разом із установкою — 950 тонн, висота в положенні «на зеніт» — 42 метри. Наведенням телескопа керує спеціально розроблена електронна система. За допомогою цього інструмента можна спостерігати зірки до 25-ї зоряної величини!

За 40 кілометрів від ВТА встановлене ще одне диво сучасної астрономії — радіотелескоп РАТАН-600. Це — гігантська споруда, що складається з 895 алюмінієвих дзеркал, кожне 7,4 метра заввишки та 2 метри завширшки. Дзеркала встановлено так, щоб вони утворили кільцеву радіоантену діаметром 600 метрів. Довжина антенного кола при цьому становить 1800 метрів. Металеві ферми, на яких установлене кожне дзеркало, надають змогу повертати його навколо вертикальної та горизонтальної осей, а також висувати вперед. Саме це і становить основний принцип наведення такого телескопа на певну ділянку неба.

Обидва телескопи завантажені дуже щільною програмою, що передбачає точні дослідження найрізноманітніших небесних об'єктів: планет, Сонця та інших зірок, речовини у міжзоряному просторі, квазарів, галактик та протогалактик (тобто областей утворення галактик) тощо.

### *Гринвіцька обсерваторія*

Дізнавшись про відкриття Паризької обсерваторії, англійський король Карл II Стюарт вирішив не відставати від свого «колеги» Людовіка XIV та видав наказ про створення у Гринвіцькому парку обсерваторії «для вдосконалення навігації та астрономії». Проектуванням майбутньої обсерваторії займався архітектор та астроном Кристофер Рен, автор проекту собору Святого Павла у Лондоні. Перший камінь Гринвіцької обсерваторії було закладено 10 серпня 1675 року.

Першим директором Королівської Гринвіцької обсерваторії був призначений Джон Флемстід. Коштів на придбання інструментів йому виділено не було, тому Флемстід вимушений був витратити майже всю спадщину, отриману від батька, на обладнання нової обсерваторії. Не останню роль відіграли також друзі та товариші Флемстіда, що стали опікунами обсерваторії.

Флемстід став для обсерваторії у Гринвічі тією постаттю, що майже особисто визначила її статус та авторитет у майбутньому. Будучи дуже натхненним та акуратним спостерігачем, учений без сторонньої допомоги протягом 15 років здійснив більше двадцяти тисяч (!) спостережень Сонця, Місяця, планет та зірок. Зоряний



*Панорама Гринвіцької обсерваторії*

каталог Флемстіда, що налічував положення більш ніж 3-х тисяч зірок, став першим каталогом, складеним за допомогою телескопа, об'єднаного з точним інструментом для вимірювання кутів. Упорядники наступних каталогів ще довгий час порівнювали свої дані з даними, отриманими Флемстідом.

Наступником Флемстіда після його смерті став видатний англійський астроном Едмунд Галлей. Він провів майже 20-річні систематичні спостереження Місяця та зробив важливий внесок в уточнення теорії його руху навколо Землі.

Як Флемстіду та Галлею, так і багатьом їхнім наступникам, належить неоціненний внесок у розвиток світової астрономічної науки та системи світосприйняття взагалі. На честь Гринвіцької обсерваторії та її визначної ролі в розвитку астрометрії, навігації та взагалі астрономії, у 1884 році меридіан, що проходив крізь вісь пасажного інструмента обсерваторії, був офіційно визнаний нульовим меридіаном. З тієї пори відлік довготи ведеться від Гринвіцького меридіана.

Оскільки сусідство великого мегаполісу, яким став Лондон, дуже заважало серйозним спостереженням, у 1953 році основні інструменти обсерваторії було перенесено в Герстмонсо, подалі від міста. Нову обсерваторію обладнали сучасним астрофізичним устаткуванням, комплекс якого вінчає 2,5-метровий телескоп-рефлектор. Нині ця обсерваторія носить ім'я сера Ісаака Ньютона.

### *Обсерваторія Маунт-Паломар*

Історія обсерваторії Маунт-Паломар бере свій початок із середини 20-х років XX століття, коли результати спостережень за допомогою 2,5-метрового телескопа обсерваторії Маунт-Вілсон показали необхідність створення більшого інструмента для вирішення складніших та масштабніших завдань.

Наслідком зусиль астронома Джорджа Еллері Хейла один із підрозділів Фонда Рокфеллера в 1928 році виділив Каліфорнійському технологічному інституту грант на будівництво 5-метрового телескопа. Протягом декількох років численні місця було досліджено на предмет їхнього астроклімату, і після тривалих дискусій гора Паломар була обрана для будівництва нової обсерваторії. Сталося це в 1934 році. У середині 1935 року 20-тонна скляна заготовка залізницею була перевезена до Пасадени для надання їй форми, необхідної для застосування в астрономічних цілях.

Будівництво башти для 5-метрового телескопа, що включала до своєї конструкції 1000-тонний повноповоротний купол, а також монтування телескопа, рухомі частини якого важили понад

530 тонн, розпочалося у середині 1930-х років та закінчилося у 1941 році. Проте війна загальмувала полірування дзеркала, що було завершено тільки 18 листопада 1947 року. Готове дзеркало, тепер вагою лише 14,5 тонн, було перевезено на гору Паломар.

Науковий доробок працівників обсерваторії Маунт-Паломар, починаючи з 1948 року, відіграв помітну роль у розвитку астрономічної науки. Так, в обсерваторії проводяться роботи в різних галузях: від дослідження астероїдів та комет у нашій Сонячній системі до вивчення зірок, розташованих у Молочному Шляху та далеко за його межами, та квазарів, світло від яких подорожує до дзеркала телескопа Хейла мільярди років.

Плідним та досконалим дослідженням світла від цих та інших небесних об'єктів астрономи обсерваторії намагаються розширити наше розуміння Всесвіту. Як виникли Земля та Сонце? Як народжуються, живуть та вмирають зірки? Який вік Всесвіту? Як він



*5-метровий телескоп імені А. Хейла «Велике око» обсерваторії Маунт-Паломар. Фото: Томас Джарретт*

виник і яка його подальша доля? На ці та багато інших запитань вже півстоліття шукають відповіді науковці обсерваторії Маунт-Паломар.

### *Обсерваторія Мауна-Кеа*

Мауна-Кеа («Біла гора») — це сплячий вулкан на острові Гаваї («Великий острів»), найпівденнішому острові штату Гаваї. Він розташований приблизно за 300 кілометрів від столиці штату — міста Гонолулу. Найбільший острів-гора у світі, Мауна-Кеа, підіймається на висоту 4205 метрів над рівнем моря, що дозволяє вивести телескопи за межі 40 відсотків земної атмосфери.

Обсерваторія Мауна-Кеа, заснована у 1964 році, є визнаним унікальним місцем для астрономічних спостережень, що має один з найліпших на Землі астрокліматів. Атмосфера над вулканом є дивовижно сухою, що дуже важливо для спостережень в інфрачервоному та субміліметровому діапазонах спектра. До того ж небо в цьому справжньому астрономічному заповіднику є дуже чистим — доля ясних ночей протягом року тут одна з найвищих у всьому світі.

Виняткова стабільність атмосфери дозволяє проводити дослідження детальніші, ніж у будь-якому іншому куточку планети,



*Панорама обсерваторії Мауна-Кеа*

а віддаленість від вогнів міст та суворий режим світлової чистоти на острові забезпечує найтемніше небо у світі.

Унікальний науковий заповідник дав притулок значній кількості інструментів, що становлять «передовий край» сучасної астрономічної науки. Так, окрім двох десятиметрових близнят-телескопів імені Кека, обсерваторія стала місцем розташування 10-метрового субміліметрового телескопа (усі три керуються Каліфорнійським технологічним інститутом), телескопів Субару (Японія, 8,3 метра) і Джеміні Північний (міжнародний проект, 8,1 метра) та кількох телескопів, що оперуються міжнародними науковими колективами, з діаметрами дзеркал понад 2—3 метри.

### *Орбітальний телескоп імені Хаббла*

Нарешті, неможливо залишити без відповідної уваги найсучасніший та найдосконаліший телескоп у світі, інструмент, що отримує найціннішу та найдетальнішу інформацію з глибин Всесвіту. Це — орбітальний телескоп імені Едвіна Пауелла Хаббла. При діаметрі головного дзеркала лише 2,3 метра (!) цей телескоп дає фору навіть гігантам імені Кека. За його допомогою проводяться дослідження не тільки у видимому, але й в інфрачервоному та ультрафіолетовому діапазонах.



*Космічний телескоп імені Хаббла на навколоземній орбіті*

Для того, щоб приймач був чутливий до інфрачервоного випромінювання, він повинен бути холоднішим за сам об'єкт. Для цього на борту телескопа Хаббла передбачено запаси у декілька тонн рідкого гелію.

Останнім часом у світовій астрономічній спільноті було проведено цілу кампанію на підтримку розвитку та збереження телескопа Хаббла як одного з найцінніших інструментів для сучасної світової астрономії. Справа в тому, що цей телескоп уже відпрацював свій «перший» ресурс і уряд США ставив питання про припинення його фінансування. Однак думка світового співтовариства була почута, і далеко не останню роль у цьому відіграли аматори: протягом півроку на адресу уряду США з усього світу йшли мільйони листів від аматорів та аматорських організацій із проханням зберегти телескоп Хаббла.

Проте і це ще не межа, тому що й телескоп імені Хаббла не дозволяє нам спостерігати диски навіть найближчих зірок. Складання та експлуатація великих орбітальних телескопів поки що супроводжується величезними труднощами, але розробки та дослідження в цьому напрямку ведуться невпинно. Треба зазначити, що з появою принципово нової техніки людство опиняється біля витоків чогось нового та невивченого, того, що раніше було для нього просто недосяжним. Чи довго нам ще до наступного горизонту?

# XI

# АМАТОРИ АСТРОНОМІЇ



*Тільки спостережень недостатньо.*
*Це лише початок. Нам ще потрібно*
*розуміти, що ми бачимо і що все це*
*має свою історію...*
Д. Добсон



Астрономія має одну важливу особливість, що, мабуть, відрізняє її від інших наук у традиційному понятті цього слова. Слово «аматор» в астрономії не дорівнює слову «дилетант». Понад те, багато відданих своїй улюбленій справі професійних астрономів гордо називають себе також і аматорами.

Так чи інакше (особливо в дитинстві) ми замислюємося над таємницями Всесвіту, милуємося красотами зоряного неба. Якщо ж нам пощастить стати свідками незвичайних астрономічних явищ — великих метеорних потоків (дощів «падаючих зірок»), сонячних та місячних затемнень або яскравих комет — тоді ми маємо ще більше шансів стати відданими аматорами астрономії. До того ж є романтика астрономічних спостережень. Для тих, хто має доступ до телескопа, хай і невеликого, відкриті пейзажі місячних кратерів, диски найближчих планет, розмаїття яскравих туманностей, галактик та зоряних скупчень — багато того, що залишає незабутні враження.

## Аматорські колективи та заходи

Звісно, що цікавитися астрономією та втілювати в життя свої інтереси можна певною мірою й самому. Проте набагато продуктивніше та цікавіше мати змогу спілкуватися з колегами, товаришами по вашому хобі. Бо ясно, що настане мить, коли вам захочеться поділитися з кимось своїми думками та ідеями, отримати пораду, набути певного досвіду та чому-небудь навчитися. Настане час, коли і ви зможете передати свій досвід комусь з аматорів-початківців, бо ви зрозумієте: вам уже є що розповісти з власного життя та здобутку.

До того ж є й одна матеріальна особливість: астрономія — це досить дороге захоплення, і далеко не кожному аматору по кишені мати власний телескоп або інше приладдя. Адже навряд чи ваша зацікавленість астрономією зможе протриматися без практичної віддачі, без незабутніх вражень від спостережень! Значно легше в цій ситуації групам аматорів.

Як і багато груп за інтересами, астрономічні гуртки, клуби, товариства та асоціації створюються ініціативними групами аматорів астрономії. І цей процес у незалежній Україні набуває все більшого поширення.

За часів СРСР аматорів астрономії всього союзу об'єднувало в єдину та могутню структуру Всесоюзне астрономо-геодезичне товариство (ВАГТ). Воно мало велику матеріально-технічну базу, забезпечувало постійний та ефективний обмін інформацією між регіональними представництвами, керувало науковою та просвітницькою діяльністю аматорів астрономії. Під егідою ВАГТ проводилися конференції, зльоти, різноманітні експедиції та спостереження рідкісних астрономічних явищ. Також за допомогою інформаційної бази Товариства забезпечувалося своєчасне інформування аматорів про астрономічні відкриття, напрямки та можливість участі аматорських колективів у наукових дослідженнях комет, метеорних потоків тощо.

Наприкінці 90-х років минулого століття було розпочато роботу з відтворення астрономічних аматорських формувань у регіонах. Практично на ентузіазмі аматорів астрономії та професіоналів, що підтримали цю важливу ініціативу, було відновлено діяльність астрономічних товариств, запрацювали гуртки при палацах дитячої та юнацької творчості. Нині в Україні нараховується близько 50 активних груп аматорів астрономії, з яких найбільші в Харкові, Сімферополі, Бердянську, Києві, Одесі, Львові, Керчі тощо.

Діяльність астрономічних товариств спрямована на залучення до астрономічної науки нових ентузіастів. Протягом останніх років ми стали свідками появи на теренах СНД кількох астрономічних періодичних видань, таких як «Звездочет» (Москва), «Наше небо» (Київ), «Вселенная, пространство, время» (Київ). Аматори спробували також налагодити видавництво науково-популярної літератури астрономічного профілю, і це потроху підтримується вітчизняними видавництвами.

Зі зростанням співробітництва між аматорськими організаціями у межах регіонів, а також міжрегіонального, набувають важливості спільні спостережні та інші проекти й заходи (спільні спостереження затемнень та покриттів, колективні експедиції для спостережень метеорних потоків тощо).

Аматори різного віку приділяють багато уваги власній творчості — це і астрофотографія, і астрономічне приладобудування. Адже за наявності певних навичок побудувати досить дешевий та достатньо великий телескоп власними руками під силу майже кожному з вас!

Окрім місцевих заходів та спільних програм, що проводяться кількома товариствами, аматори збираються на регулярні конференції, форуми та фестивалі. Зібрання близьких за інтересами людей — це завжди подія, що є екстраординарною для кожного з учасників. Пояснити це дуже просто. Кожен прагне нових вражень, спілкування, нового досвіду. А під час аматорських астрономічних зборів високого рівня це ще доповнюється романтичною атмосферою нічних спостережень, тестуванням нової сучасної апаратури та телескопів тощо.

Батьківщиною великих астрономічних заходів по праву вважаються США, а найвеличнішою «фортецею зірок», як її називають аматори, є Стелафейн — великий фестиваль аматорської астрономії, що вже понад 40 років проходить у Спрінгфілді. Тисячі аматорів на власних машинах збираються в цій місцевості та привозять з собою сотні різних телескопів — придбаних та зроблених власноруч, — іноді до метра в діаметрі. Вони розташовуються у наметових містечках і протягом тижня проводять спільні спостереження, а також інші цікаві заходи. Багато хто приїздить цілими сім'ями, бере з собою дітей, щоб долучити їх до феєричного дійства свята астрономії під кришталево чистим і прозорим небом. Зрештою, вони просто активно відпочивають разом!

На подібних заходах народилася велика кількість змагань. Найвідомішими, що вже стали майже видами спорту, є марафон Месьє,



*Фестиваль аматорів астрономії Стелафейн*

різноманітні конкурси з орієнтування на зоряному небі, денні спостереження найяскравіших об’єктів зоряного неба (зірок, планет), конкурси технічних знахідок та оригінальних ідей в астрономічному приладобудуванні. Все це так чи інакше допомагає професіоналам удосконалювати свої навички, а новачкам — відчути азарт гри та глибше втягнутися у цей єдиний організм, що протягом декількох днів живе і дихає таємничим та романтичним духом астрономії!

На теренах СНД першу вдалу спробу відродження цієї важливої традиції зробили ентузіасти Московського астрономічного клубу, які в 1999 році провели перший московський астрономічний фестиваль. Нині цей захід продовжують проводити кожного року у квітні як Всеросійський фестиваль астрономії та телескопобудування «Астрофест».

На фоні загального зростання інтересу до астрономії та відновлення роботи астрономічних товариств та гуртків для шкільної та студентської молоді в Україні теж з’явилася можливість для проведення подібного заходу. Він був задуманий як форум аматорів астрономії з різноманітними акціями: науково-популярною кон-



*Учасники УкрАстроФоруму-2004 проводять спостереження Сонця. Фото: Володимир Неботов*

ференцією, екскурсіями, виставкою фотографій та обладнання, змаганням серед аматорів, майстер-класами для початківців та більш досвідчених астрономів-аматорів. Велику увагу було приділено також співробітництву з відомими популяризаторами астрономії — співробітниками планетаріїв і організаторами подібних заходів з інших країн.

Перший відкритий Всеукраїнський Форум аматорів астрономії з міжнародною участю «УкрАстроФорум-2002» пройшов у Харкові у вересні 2002 року. Він зібрав невелику аудиторію — близько 40 учасників із 9 міст України, Російської Федерації та США. Великим кроком уперед було також запрошення до участі у Форумі видатного популяризатора астрономії та фахівця з телескопобудування, засновника руху тротуарних астрономів Джона Добсона. Під час роботи Форуму учасники мали змогу поспілкуватися з цікавим гостем, а також опанувати найпростіші методики виготовлення телескопа власними руками. За день, протягом якого тривав майстер-клас із телескопобудування, учасники спільними зусиллями побудували 25-сантиметровий рефлектор Ньютона на монтуванні Добсона.

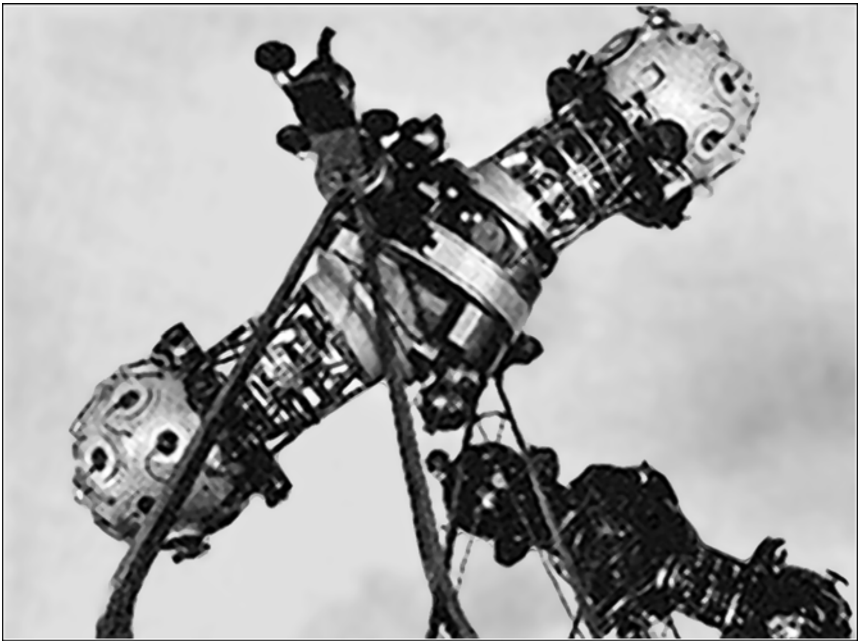
За останні роки аудиторія Форуму невпинно зростає. Це, зокрема, дало змогу розпочати обговорення таких важливих питань, як загальні напрямки розвитку аматорської астрономії в СНД у найближчому майбутньому. У всякому разі, харківські аматори та професіонали, за активної підтримки своїх колег з інших міст та країн намагаються зробити УкрАстроФорум доброю традицією на довгі роки, бо зростання популярності астрономічних форумів та фестивалів різного рівня є дуже важливим. Саме такі заходи повинні відігравати значну роль у залученні до астрономії нових аматорів.

## Планетарії — центри популяризації астрономії

Планетарії називають «храмами» астрономії Адже де ще ви зможете, незалежно від погодних умов, часу дня та пори року, поринути в дивовижний світ нічного зоряного неба? Або за допомогою сучасних можливостей перенестися на інше місце нашої планети — наприклад, ознайомитися із зоряним небом Південної півкулі? Або навіть покинути Землю та спостерігати схід Фобоса з поверхні Марса?

То що ж це таке — цей дивовижний планетарій?

Планетарій як заклад бере свою назву від апарата «Планетарій», що є серцем кожного планетарію світу. Апарат «Планетарій» — це складний пристрій, що дозволяє проектувати зображення зоряного неба, небесних тіл та подій на сферичний купол.



*Один із перших апаратів «Планетарій» фірми «Карл Цейсс»*

Дійство це проходить у так званому «зоряному залі» — великому приміщенні зі сферичною стелею — куполом.

Цей апарат народився досить давно, проте сучасного вигляду почав набувати тільки в 20-х роках XX століття. Раніше для зображення зоряного неба використовували величезні кулі, у яких робили отвори (зірки). Для того, що побачити «небо», треба було залізти всередину такої кулі.

«Батьком» проекційної апаратури можна вважати професора Е. Хіндерманна з Базеля, що в 1912 році побудував апарат, відомий під назвою «Орбітоскоп». Цей апарат давав змогу спостерігати обертання двох уявних планет навколо уявного Сонця.

Ідея реалістичного відображення зоряного неба та подій на ньому належить астроному Максу Вольфу. Свою ідею він запропонував утілити інженерам відомої оптичної фірми «Карл Цейсс», що у Йєні (Німеччина). У 1919 році Уолтер Бауершфельд, головний інженер, а згодом директор компанії «Карл Цейсс», зайнявся проблемою проектування зображень об’єктів зоряного неба в темній кімнаті. П’ять років знадобилося Бауершфельду та його колегам, щоб винайти сучасний проекційний апарат «Планетарій». У 1921 році пройшла перша офіційна демонстрація можливостей цього апарата.

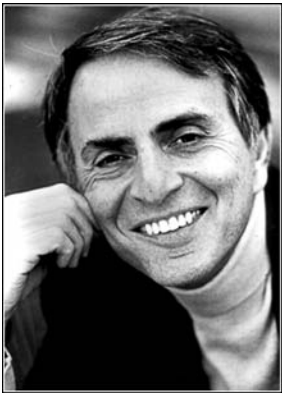
З того часу компанія «Карл Цейсс» на багато років стала світовим лідером у виробництві апаратів «Планетарій». Згодом інші провідні оптичні фірми світу перейняли їхню технологію та внесли свої конструктивні оригінальні доповнення. На сьогодні щонайменше п'ять компаній у світі займаються такого роду виробництвом.

За майже сто років, що пройшли від народження «Планетарію», збереглася хіба що оригінальна ідея та принцип конструкції. Сучасний апарат «Планетарій» — це складний прилад, що керується за допомогою комп'ютера та надає операторові можливість перенести глядачів у просторі, часі та навіть змоделювати такі події й обставини, що в житті ніколи не реалізуються.

Проте не одразу планетарій як заклад став провідним центром популяризації астрономічної науки. На Заході й досі існують маленькі (проте не



*Сучасний апарат «Планетарій»*



*Карл Едвард Саган (1934—1996).*
**Американський астроном, популяризатор науки, письменник. Народився у Брукліні, Нью-Йорк. Отримав ступінь доктора астрономії та астрофізики в університеті Чикаго, починав працювати в Гарварді. З середини 1960-х до самої смерті був професором Корнеллського університету. Автор понад 600 наукових та популярних статей, співавтор та редактор більше 20 книг. За книгу «Дракони Едему» (1977) отримав Пулітцерівську премію. Відігравав провідну роль у місіях NASA — «Маринер», «Вікінг», «Вояджер» та «Галілео» — до інших планет Сонячної системи. Карл Саган був, мабуть, найвидатнішим популяризатором науки, що звертався до мільйонів людей через газети, журнали, книги та телебачення. Він добре відомий своєю програмою «Космос», що стала найпопулярнішою в історії публічного телебачення — її дивилися понад 500 мільйонів людей у 60 країнах світу. Його книга «Космос» (1980) стала світовим бестселлером та мала найбільший попит серед усіх науково-популярних книг, що коли-небудь виходили англійською мовою. Сумлінний викладач та науковець, Карл Саган надихав тисячі людей в усім світі відкривати свій розум дивам науки та Всесвіту. Власними книгами та телепрограмами він приніс радість наукових відкриттів в оселі мільйонів сімей планети Земля — місця, що він так віддано любив.**

менш добре оснащені) планетарії, що створені тільки для навчальних потреб.

Публічні планетарії народилися незадовго до початку Другої світової війни, але розквіту досягли в 60-70-і роки XX століття. Тепер у світі нараховується понад 2000 планетаріїв, що об'єднані під егідою Міжнародного товариства планетаріїв.

В Україні перший планетарій було відкрито в Харкові 21 квітня 1957 року з ініціативи видатного українського астронома та громадського діяча, ректора Харківського університету, академіка М. П. Барабашова. Згодом було відкрито ще близько 10 планетаріїв.

Традиційно планетарії надають підтримку аматорам астрономії. У їхній структурі відкриваються та працюють астрономічні гуртки, студії та творчі колективи. Співробітники планетаріїв беруть активну участь у діяльності аматорських астрономічних товариств.

Нині планетарії відіграють дуже важливу роль не тільки у відродженні аматорської астрономії, але й взагалі в процесі формування суспільно та гуманістично орієнтованого світогляду людини. Планетарії стали не тільки центрами астрономічної освіти. Тепер це місце концентрації прогресивних та творчих ентузіастів усіх видів наукової та мистецької діяльності.

## Тротуарна астрономія

Американські популяризатори охрестили класичні аматорські астрономічні спостереження терміном «астрономія заднього подвір'я» (backyard astronomy). Чому? Дуже легко зрозуміти. Найбільша частина аматорів спостерігає або на вулиці за будинком (особливо якщо це приватне володіння), або з балкона. Це — індивідуальна робота, що спрямована на досягнення якихось наукових результатів або ж просто естетичного задоволення.

Однак є зовсім інша сторона аматорської астрономії, що отримала свого часу назву «тротуарна астрономія» (sidewalk astronomy). Це спостереження, спрямовані на залучення пересічних людей до аматорського астрономічного руху.

Рух тротуарних астрономів був заснований у 1967 році Джоном Добсоном. Після 23 років у монастирі, звідки його було вигнано за активні заняття астрономією та телескопобудуванням,



*Кожної ясної ночі тротуарні астрономи запрошують усіх бажаючих у захопливу подорож до глибин Всесвіту*



***Джон Добсон (нар. 1915).***
**Відомий американський популяризатор астрономії та телескопобудування, засновник руху тротуарних астрономів. Колишній монах-ведантист, а нині — громадський діяч; як його часто називають, «зоряний євангеліст». Коли вперше побачив зоряне небо крізь саморобний телескоп, зрозумів: «Це повинні бачити всі!» Автор спрощених методик виготовлення дзеркал для телескопів-рефлекторів системи Ньютона та оригінального монтування, що носить його ім'я. У свої майже 90 років понад 9 місяців на рік проводить у подорожах Сполученими Штатами та Латинською Америкою з популярними лекціями. Відомий також своїми поглядами на космологію та створення Всесвіту, що не погоджуються з теорією Великого Вибуху. Написав книги «Як побудувати саморобного телескопа» (перекладено російською мовою), «Адвайш'я Веданта та сучасна наука» і багато науково-популярних статей. На честь Джона Добсона названо астероїд 1999 $KK_4$, що тепер носить ім'я (18024) Dobson.**

Джон вирішив присвятити себе людям і служити популяризації своєї улюбленої науки. Він вважає, що кожен повинен побачити Всесвіт своїми очима, щоб замислитися над одвічними проблемами життя.

Свою назву тротуарна астрономія бере безпосередньо зі змісту та способу її реалізації. Започатковано цю ідею було саме в такий спосіб: Добсон із кількома своїми однодумцями брали один-два досить великих телескопа та виходили на людне перехрестя в центрі Сан-Франциско, де вони мешкали. Вони запрошували всіх бажаючих абсолютно безкоштовно скористатись їхніми телескопами і зазирнути в окуляр. Паралельно астрономи-аматори давали необхідні пояснення та відповідали на запитання, що виникали.

З часом діяльність тротуарних астрономів розширилася. З'явилися нові послідовники, змінилися форми роботи. Проте зміст та ідея залишилися: надати можливість усім бажаючим побачити Всесвіт крізь окуляр телескопа. Незмінним є також і девіз тротуарних астрономів усього світу: «Якщо в тебе є телескоп, поділися ним із тими, у кого його немає».

Нині діяльність тротуарних астрономів поширена більш ніж у 20 країнах світу. Потроху розвивається цей рух і в Україні. Сучасні тротуарні астрономи не тільки виносять свої телескопи в людні місця та проводять публічні спостереження об'єктів зоряного неба для всіх бажаючих. Пріоритетними видами діяльності є також організація популярних лекцій та інші заходи, спрямовані на привернення уваги пересічних людей до краси зоряного неба.

Ще одна особливість тротуарних астрономів — поширення простих методик виготовлення саморобних телескопів. Виготовити телескоп власноруч значно дешевше, і при цьому він задовольнить найголовніші потреби будь-якого початківця-аматора, який з перших кроків не збирається в перегони за великими науковими досягненнями. До того ж уявіть, скільки задоволення можна отримати від перетворення шматка скла на «очі в небо» власними руками! Саме з цією метою, окрім тротуарних спостережень, сучасні аматори астрономії влаштовують відкриті демонстрації з телескопобудування, на яких усі бажаючі можуть спробувати свої сили і мало-помалу освоїти найпростіші техніки виготовлення дзеркала для телескопа-рефлектора.

Свою оригінальну конструкцію монтування Джон Добсон також винайшов із бажання зробити простішим виготовлення першого телескопа аматором. Для такого монтування потрібні лише фанера, цвяхи, клей та найпростіший інструмент. Цю конструкцію Добсон навмисне відмовився патентувати, хоча нині вона взята на озброєння провідними світовими серійними виробниками телескопів.

Діяльність тротуарних астрономів спрямована на гуртування однією ідеєю аматорів астрономії різних країн: зацікавити якомога більше людей вражаючою красою зоряного неба, заразити їх своїм ентузіазмом та своєю любов'ю до глибин Всесвіту. Джон Добсон завжди каже своїм друзям та колегам: «Поспішайте, мільйони очей чекають!»

## Роль аматорів у сучасній астрономії

Звичайно, із зростанням можливостей астрономічного обладнання та вдосконаленням спостережних методик, аматори астрономії опиняються перед двома загрозами. По-перше, втратити романтичну атмосферу навколо своєї науки, дух астрономічних спостережень, перетворити їх на втілення технічних завдань та необхідностей. По-друге, позбутися своїх провідних позицій у деяких галузях астрономічної науки.



*Юджі Хіакутаке (1950—2002).*
**Відомий японський аматор астрономії, один із видатних представників когорти «ловців комет». Професійний фотограф, він зацікавився астрономією в п'ятнадцять років, коли побачив на небі Велику комету 1965 року, відкриту одним із його співвітчизників — комету Ікейя-Секі. Найбільше Хіакутаке шанують за відкриття комети 1996 року. Це була друга відкрита ним комета — C/1996 B2 (Hyakutake), що спостерігалася як яскравий об'єкт нульової зоряної величини на серпневому небі. Це було найфеєричніше видовище з часів комети Веста 1976 року. «Мені байдуже, як назвуть комету. Якщо багато людей отримають задоволення від її спостереження — це буде для мене найбільше щастя». Так і сталося. На честь видатного аматора названо астероїд 1991 $XC_1$, що тепер носить ім'я (7291) Hyakutake.**

Давайте подивимося. Наприклад, років 50 тому більшість комет так чи інакше відкривали аматори. Нині в основному це роблять навіть не вчені, а роботи. Абсолютну першість у відкритті комет утримують три метрові роботизовані телескопи, що займаються пошуком астероїдів. Комети, які відкривалися з такою романтикою «ловцями комет» протягом десятиліть, — тепер побічний продукт діяльності роботів!

Проте, звичайно, не все так погано. Аматори все ще відкривають комети, і їхні відкриття продовжують милувати око тисяч спостерігачів. Хоча тепер це трапляється рідше, але ж трапляється! Так, конкуренція з боку професіоналів та їхньої апаратури дуже велика, але ж і аматори отримали тепер потужні засоби реєстрації астрономічних зображень, що дозволило їм з досить невеликими телескопами займатися вирішенням серйозних наукових завдань.

І не одним відкриттям комет, звичайно ж, живуть аматори. Комети треба вивчати, бо це вельми цікаві астрономічні об'єкти. Плюс спостереження Нових та Наднових зірок, змінних зірок, моніторинг метеорних потоків, спостереження покриттів зірок та планет Місяцем, астероїдами та планетами — все це потребує колосального обсягу спостережного часу. Справедливо було б сказа-

ти, що професіоналів просто не вистачить на те, щоб вирішити всі ці проблеми!

Саме тому в співробітництві аматорів та професіоналів від астрономії налагоджується тісна координація — бо професіонали зацікавлені в участі аматорів та у використанні їхніх спостережних даних. На першому плані нині залишається стандартизація спостережних методик, широке інформування аматорів про події, що потребують їхньої позапланової уваги тощо.

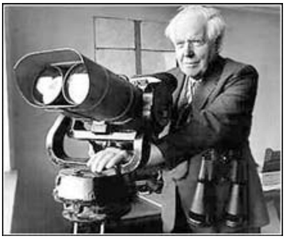
Багато міжнародних організацій або мають широкі зв'язки з аматорами астрономії, або були спеціально створені для роботи з ними. Такими є Міжнародний кометний журнал Центру малих планет Центрального бюро астрономічних телеграм, Міжнародна метеорна організація, Міжнародна організація спостереження покриттів, Американська асоціація спостерігачів змінних зірок і багато інших.

Як приклад, що проілюструє довгострокове співробітництво професіоналів з аматорами, можна навести спостереження метеорних дощів Леонід у період з 1998 по 2002 рік. Десятки тисяч спостережних годин, сотні тисяч метеорів, дані про які надійшли до Міжнародної метеорної організації. Аматори всього світу забезпечували безперервний моніторинг активності метеорного потоку Леонід кожного року в середині листопада. Організовувалися спільні експедиції, базисні візуальні та фотографічні спостереження тощо. Завдяки цим зусиллям було отримано безцінну інформацію, що допоможе вченим протягом наступних кількох років вивчити цей метеорний потік — один із найцікавіших серед тих, що існують.

Велику роль аматори відіграють також у спостереженнях маловідомих метеорних потоків. Завдяки їхнім даним учені детальніше знайомляться з особливостями поведінки метеорних частинок у їхніх роях.

Згадаймо також Велике протистояння Марса, що спостерігалося зовсім нещодавно — наприкінці серпня 2003 року. Національна аерокосмічна адміністрація США (NASA) організувала проект, який залучив до моніторингу Червоної планети близько 10 000 аматорів усього світу. Завданням спостерігачів були регулярні «патрулювання» поверхні Марса з метою стеження за змінами в забарвленні, за погодою (можливими циклонами та пиловими бурями) та відстеження можливих нестаціонарних подій (спалахів невідомої природи тощо).

Аматори астрономії багато уваги приділяють також популяризації своєї науки. Широко розповсюджені астрономічні популярні видання, що започатковані та готуються аматорами. Товариства



***Джордж Олкок (1912—2000).***
**Англійський аматор астрономії, член Британського Королівського астрономічного товариства та Нью-Йоркської академії наук. За свої здобутки в астрономії удостоєний багатьох медалей та нагород. Астрономією зацікавився у 8 років, коли 8 квітня 1921 року шкільний вчитель повів дітей надвір подивитися часткове сонячне затемнення. Усе своє життя працював у школі вчителем початкових класів. Спочатку займався систематичним вивченням метеорів. З 1953 по 1965 рік відкрив чотири комети, п'ята стала результатом його пошуків аж у 1983-му. Наступні декілька років займався відкриттям Нових зірок. Цікаво, що всі свої відкриття (на які Олкок витратив більше чверті століття) він зробив за допомогою бінокуляра та звичайного зоряного атласу. В цілому астрономії Олкок присвятив понад 60 років свого життя. На визнання видатних заслуг його ім'я з 1987 року носить мала планета — (3174) Alcock. Скромний шкільний вчитель початкових класів, що вчив дітей любити та розуміти Природу, яка нас оточує, спостерігав зоряне небо у вільний від роботи час, був визнаний гігантом астрономії й аматорами, і професіоналами всього світу.**

та інші об'єднання ведуть активну лекційну діяльність. І в цьому полягає внесок аматорів не тільки в сучасну астрономію та освіту, але й у загальне підвищення обізнаності людей.

Аматори астрономії — це натхненні ентузіасти своєї справи. Вони люблять свою рідну науку настільки, що готові стати прикладом для інших. Бо для них астрономія — це не тільки цікавість, інтерес і хобі. Це — спосіб знайти самого себе, відчути себе частинкою великого Всесвіту та єдність з іншими — такими ж частинками. Для них це — спосіб життя!

## ЗАМІСТЬ ЕПІЛОГУ

Навкруги лягає ніч. Позаду цілий день, насичений справами, клопотами, враженнями. На душі спокій, і ви повністю поринаєте в це відчуття.

Ви йдете вулицею і за звичкою ненадовго зупиняєтеся перед будинком, підіймаєте очі догори і бачите знайому картину: доброї ночі, Велика Ведмедице!

І раптом ви розумієте, що можете передбачити, коли зійде та чи інша планета, яким буде вигляд зоряного неба завтра. Ви радієте, коли вперше сходить ваше улюблене сузір'я, — це стає для вас своєрідним святом. Ви відчуваєте себе невід'ємною частиною найдосконалішої і найхаотичнішої системи, ім'я якій — Всесвіт.

Ви розумієте, що зоряне небо вже перестало бути для вас чимось чужим, невідомим, — це вже не Великий Безлад. Воно стало знайомим і навіть трохи рідним. І ви починаєте спілкуватися з ним, як зі старим другом.

Щасти вам, і нехай з неба падають лише зорі!



# АСТРОНОМІЧНІ РЕСУРСИ

## Література для аматорів астрономії

### *Астрономічна наука*


1. Амбарцумян В. Загадки Вселенной. — М.: Педагогика, 1987.—117 с.: ил. — (Б-чка Дет. энцикл. «Ученые — школьнику»).

2. Барашенков В. Вселенная в электроне. — М.: Дет. лит., 1988.— 287 с.: ил. — (Люди. Время. Идеи).

3. Воронцов-Вельяминов Б. Очерки о Вселенной. — 8-е изд., перераб. — М.: Наука, 1980.—672 с.: ил.

4. Гурштейн А. Извечные тайны неба. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1991.—495 с.: ил.

5. Дагаев М. Книга для чтения по астрономии: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1980.—159 с.: ил.

6. Девис П. Случайная Вселенная /Пер. с англ. В. Чертопруда. — М.: Мир, 1985.—160 с.: ил.

7. Еремеева А. Астрономическая картина мира и ее творцы. — М.: Наука, 1984.— 224 с.

8. Зигель Ф. Астрономическая мозаика. — М.: Наука, 1987.—176 с.: ил.

9. Зигель Ф. Астрономия в ее развитии: Кн. для учащихся 8—10 кл. сред. шк. — М.: Просвещение, 1988.—159 с.: ил.

10. Зигель Ф. Вещество Вселенной. — М.: Химия, 1982.—174 с.: ил.

11. Зигель Ф. Звездная азбука: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1981.—191 с.: ил.

12. Зигель Ф. Неисчерпаемость бесконечности. — М.: Дет. лит., 1984.— 254 с.: ил. — (Люди. Время. Идеи).

13. Климишин И. Астрономия наших дней. — М.: Наука, 1986.—560 с.: ил. — (Пробл. науки и техн. прогресса).

14. Климишин І. Нариси з історії астрономії. — К.: Рад. школа, 1987.— 208 с.: іл.

15. Лев Г., Ра С. Наедине с космосом. — Х.: Основа, 1992.— 47 с.: ил.

16. Левин Б., Радлова Л. Астрономия в картинках /Рис. Е. Радловой. — М.: Дет. лит., 1988.—40 с.: ил.

17. Левитан Е. Астрофизика — школьникам: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1977.—112 с.: ил.

18. Миттон С., Миттон Ж. Астрономия /Пер. с англ. И. Викторовой. — М.: Росмэн, 1995.—160 с.: ил. — (Оксфорд. б-ка).

19. Моше Д. Астрономия: Кн. для учащихся /Пер. с англ. Н. Мамуны, М. Шевченко. — М.: Просвещение, 1985.—255 с.: ил.

20. Новиков И. Как взорвалась Вселенная. — М.: Наука, 1988.—174 с.: ил. — (Б-чка «Квант»).

21. Перельман Я. Занимательная астрономия; Занимательная география. — Домодедово: ВАП, 1994.—495 с.: ил.

22. Фесенко Б. Астрономический калейдоскоп: Вопросы и ответы: Кн. для учащихся. — М.: Просвещение, 1992.—93 с.: ил.

***Словники та довідники***

1. Болсун А., Рапанович Е. Словарь физических и астрономических терминов: Для учащихся сред. и ст. шк. возраста. — Минск: Нар. асвета, 1986.—223 с.

2. Детская энциклопедия: Земля и Вселенная. — М.: Nota Bene, 1994.—458 с.: ил.

3. Дивосвіт: Твої перші кроки: Кн. для дітей від 6 р. — К.: Освіта, 2000. — (Попул. енцикл. школяра).

4. Марленский А. Учебный звездный атлас. — М.: Просвещение, 1970.—32 с.: ил.

5. Орлов В. 300 запитань з астрономії. — К.: Рад. школа, 1970.— 60 с. — (Коли зроблено уроки).

6. Физика космоса: Мален. энцикл. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Сов. энцикл., 1986.—783 с.: ил.

7. Что можно увидеть на небе: Справочник /М. Орлов и др. — К.: Наук. думка, 1982.—190 с.

8. Энциклопедический словарь юного астронома /Сост. Н. Ерпылев. — М.: Педагогика, 1980.—319 с.: ил.

***Сонце***

1. Колтун М. Солнце и человечество. — М.: Дет. лит, 1981.—127 с.: ил.

2. Кононович Э. Солнце — дневная звезда: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1982.—112 с.: ил. — (Мир знаний).

3. Короткий Р. Загадки денної зірки /Худож. Д. Заруба. — К.: Веселка, 1986.—199 с.: іл.

4. Миттон С. Дневная звезда: Рассказ о нашем Солнце: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.—207 с.: ил.

5. Солнечное затмение 31 июля 1981 г. и его наблюдение /Под ред. А.Михайлова. — М.: Наука, 1980.—160 с.

6. Юбелакер Э. Солнце /Ил. А.-Л. Име и др.; Пер. с нем. А. Г. Тоточава. — М.: Слово, 1995.—48 с.: ил. — (Что есть что).

***Планети та супутники***

1. Бронштэн В. Как движется Луна? — М.: Наука, 1990.—208 с. — (Пробл. науки и техн. прогресса).

2. Бронштэн В. Планета Марс. — М.: Наука, 1977.—96 с.

3. Бронштэн В. Планеты и их наблюдение.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Наука, 1979.— 240 с.: ил.

4. Бялко А. Наша планета — Земля. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1989.—237 с.: ил.—(Б-чка «Квант»).

5. Войткевич Г. Рождение Земли.—2-е изд.—Ростов н/Д.: Феникс, 1996.—477 с.

6. Зигель Ф. Вам, земляне.—2-е изд., перераб.—М.: Недра, 1983.—160 с.: ил.

7. Зигель Ф. Путешествие по недрам планет. — М.: Недра, 1988.—220 с.: ил.

8. Кауфман У.-Дж. Планеты и луны: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982.—217 с.: ил.

9. Криволуцкий А. Голубая планета: Земля среди планет: Геогр. аспект.—М.: Мысль, 1985.—335 с.: ил.

10. Левитан Е. Малышам о звездах и планетах. — 2-е изд.—М.: Педагогика, 1986.—128 с.: ил.

11. Маров М. Планеты Солнечной системы. — М.: Наука, 1981.—256 с.: ил.

12. Силкин Б. В мире множества лун. — М.: Недра, 1982.—208 с.: ил.

13. Шевченко В. Луна и ее наблюдение. — М.: Наука, 1983.— 192 с.: ил. — (Б-ка любителя астрономии).

14. Шевченко В. На зов таинственного Марса. — М.: Дет. лит., 1991.—60 с.: ил.

### *Малі тіла Сонячної системи*

1. Гетман В. Внуки Солнца: Астероиды. Кометы. Метеорные тела. Худож. В. Ованнесбегянц.—М.: Наука, 1989.—175 с.: ил.— (Б-чка «Квант»).

2. Колдер Н. Комета надвигается! Пер. с англ. П. С. Гурова.— М.: Мир, 1984.— 176 с.: ил.

3. Кринов Е. Железный дождь. — М.: Наука, 1981.—192 с.: ил.

4. Кузнецова Л. Вестники Вселенной. — М.: Знание, 1980.—160 с.

5. Марочкин Л. Свидание с кометой. — М.: Наука, 1985.—207 с.: ил. — (Б-чка «Квант»).

6. Томита К. Беседы о кометах: Пер. с яп. — М.: Знание, 1982.—318 с.: ил.

7. Чурюмов К. Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980.—160 с.: ил.—(Б-ка любителя астрономии).

### *Зорі*

1. Амнуэль П. Загадки для знатоков: История открытия и исследования пульсаров.—М.: Знание, 1988.—192 с.

2. Бок Б., Бок П. Млечный путь /Пер. с англ. И.Е.Рахлина.—М.: Мир, 1978.—296 с.: ил.

3. Киппенхан Р. 100 миллиардов солнц: Рождение, жизнь и смерть звезд: Пер. с нем. — М.: Мир, 1990.—293 с.: ил.

4. Климишин І. Перлини зоряного неба. — К.: Рад. школа, 1981.—142 с.

5. Климишин І. та ін. Цікава астрономія. Худож. Г. Кузнєцов, Є. Флакс.—К.: Техніка, 1972.—218 с.: іл.

6. Липунов В. В мире двойных звезд. — М.: Наука, 1986.—204 с.: ил.— (Б-чка «Квант»).

7. Липунов В. Все нейтронные звезды: Кн. для внеклас. чтения учащихся 8—10 кл. сред. шк.—М.: Просвещение, 1988.—59 с. — (Мир знаний).

8. Сурдин В., Ламзин С. Протозвезды: Где, как и из чего формируются звезды. — М.: Наука, 1992.—192 с.— (Пробл. науки и техн. прогресса).

9. Хабер Х. Звезды. Ил. А.-Л. Име, Г. Вернера; Пер. с нем. А. Г. Тоточава.—М.: Слово, 1994.—48 с.: ил. — (Что есть что).

***Галактики***

1. Бестужев-Лада И. У истоков мироздания: От Большого Взрыва и до той поры, когда на Земле появился Человек Разумный. — М.: Дет. лит., 1987.—190 с.: ил.

2. Воронцов-Вельяминов Б. Галактики, туманности и взрывы во Вселенной. Худож. С.Кравченко. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 1967.—176 с.: ил.

3. Комаров В., Пановкин Б. Занимательная астрофизика. Под ред. В. Чарушина. — М.: Наука, 1984.—192 с.

4. Мухин Л. В нашей Галактике. — М.: Мол. гвардия, 1983.—192 с.: ил.— (Эврика).

5. Мухин Л. Мир астрономии: Рассказы о Вселенной, звездах и галактиках. — М.: Мол. гвардия, 1987.—207 с.: ил.— (Эврика).

6. Сучков А. Галактики знакомые и загадочные. — М.: Наука, 1988.—191 с.: ил.— (Пробл. науки и техн. прогресса).

7. Ходж П. Галактики. Пер. с англ. А. К. Дамбиса. — М.: Наука, 1992.—189 с.: ил.

***Вимірювання часу***

1. Буткевич А., Зеликсон М. Вечные календари. — 2-е изд. — М.: Наука, 1984.—208 с.: ил.

2. Володомонов Н. Календарь: прошлое, настоящее, будущее.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1987.—80 с.

3. Климишин И. Календарь и хронология. — М.: Наука, 1981.—192 с.: ил.

4. Куликов С. Нить времен: Малая энцикл. календаря с заметками на полях газет. — М.: Наука, 1991.—268 с.: ил.

5. Хауз Д. Гринвичское время и открытие долготы. Пер. с англ. М. Малышева; Под ред. В. Нестерова. — М.: Мир, 1982.—240 с.: ил. — (В мире науки и техники).

6. Хренов Л., Голуб И. Время и календарь. — М.: Наука, 1989.— 128 с.

7. Чернин А. Физика времени. — М.: Наука, 1987.—224 с.—(Б-чка «Квант»).

8. Юбелакер Э. Время. Ил. Ф .Флимта; Пер. Г. И. Гаева.—М.: Слово, 1994.—48 с.: ил. — (Что есть что).

### *Астрономічні спостереження*

1. Дагаев М. Наблюдения звездного неба. — 5-е изд. — М.: Наука, 1983.—176 с.: ил.

2. Зигель Ф. Астрономы наблюдают. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Наука, 1985.—191 с.: ил.

3. Зигель Ф. Сокровища звездного неба: Путеводитель по созвездиям и Луне. — 5-е изд.—М.: Наука, 1986.—296 с.: ил.

4. Климишин И. Элементарная астрономия. — М.: Наука, 1991.—464 с.: ил.

5. Клушанцев П. О чем рассказал телескоп: Очерки. Рис. Е. Войшвилло и др. — Л.: Дет. лит., 1980.—80 с.: ил.

6. Комаров В. Приглашение к звездам. — М.: Дет. лит., 1985.— 127 с.: ил. — (Знай и умей).

7. Сухорукова А. Пароль — БТА: Науч.-худож. кн. Рис. Д. Плаксина. — Л.: Дет. лит., 1988.—184 с.: ил.

8. Цесевич В. Что и как наблюдать на небе. — 6-е изд. — М.: Наука, 1984.—304 с.

### *Аматорське приладобудування*

1. Ващенко В. Саморобний телескоп. — К.: Рад. шк., 1979.—79 с.: іл. — (Коли зроблено уроки).

2. Добсон Дж. Как построить самодельный телескоп / Пер. с англ. Д. А. Свечкарева. — 2-е изд., стереотипное. — Х.: ХОЛА, 2002.—78 с.: ил.

3. Сикорук Л. Телескопы для любителей астрономии.—2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1990.—368 с.: ил.— (Б-ка любителей астрономии).

### *Пошук позаземного розуму*

1. Клушанцев П. Одиноки ли мы во Вселенной?: Науч.-худож. кн. — Л.: Дет. лит., 1981.—190 с.: ил.

2. О’Нейл Р. Таинственный мир.— Нижний Новгород, 1995.

3. Платов Ю., Рубцов В. НЛО и современная наука. — М.: Наука, 1991.—176 с.: ил.

4. Старшинов Г. НЛО: загадка столетия. — М.: МП «Страстной бульвар»: Агентство «Прогноз», 1991.—144 с.

5. Шкловский И. Вселенная, жизнь, разум. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1980.—352 с.: ил.

6. Шульман С. Инопланетяне над Россией: (Поразит. факты и новые гипотезы). — М.: Профиздат, 1990.—206 с.

7. Шуринов Б. Парадокс XX века. — М.: Междунар. отношения, 1990.—320 с.: ил.

## Астрономічні організації

1. Астрономічна обсерваторія Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка — вул. Обсерваторна, 3, 04053 Київ, Україна; hnatyk@observ.univ.kiev.ua.

2. Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету ім. І. Франка — вул. Кирила та Мефодія, 8, 79005 Львів, Україна; director@astro.lviv.ua.

3. Головна астрономічна обсерваторія НАН України — вул. Акад. Заболотного, 27, 03680 Київ, Україна; yatskiv@mao.kiev.ua.

4. Кримська спеціальна астрофізична обсерваторія — с. Науковий, 98409 АР Крим, Україна; postmaster@crao.crimea.ua.

5. Науково-дослідний інститут астрономії Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна — вул. Сумська, 35, 61022 Харків, Україна; zakh@astron.kharkov.ua.

6. НДІ «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова — парк ім. Т. Г. Шевченка, 65014 Одеса, Україна; astro@paco.odessa.ua.

7. Радіоастрономічний інститут НАН України — вул. Червонопрапорна, 4, 61022 Харків, Україна; rai@ira.kharkov.ua.

8. Українська астрономічна асоціація — вул. Обсерваторна, 3, 04053 Київ, Україна; uaa@observ.univ.kiev.ua.

## Аматорські об'єднання

1. Бердянське товариство аматорів астрономії «Оріон» — а/с 76, 71107 Бердянськ, Запорізька область, Україна; astro—brd@narod.ru.

2. Одеське астрономічне товариство (ОАТ) — парк ім. Т. Г. Шевченка, 65014 Одеса, Україна; root@astrsoc.odessa.ua.

3. Львівське астрономічне товариство (ЛАТ) — вул. Кирила та Мефодія, 8, 79005 Львів, Україна; vita@astro.franko.lviv.ua.

4. Сімферопольське товариство аматорів астрономії (СТАА) — пл. Куйбишева, 95034 Сімферополь, АР Крим, Україна; kmv@ip.ua.

5. Харківське товариство аматорів астрономії (ХТАА) — а/с 8857, 61058 Харків, Україна; clubtre@sky.net.ua.

## Планетарії

1. Вінницький планетарій — парк ім. О. М. Горького, 21100 Вінниця, Україна; doc_irina@svitonline.com.

2. Дніпропетровский планетарій — вул. Рогальова, 10, 49000 Дніпропетровськ, Україна.

3. Донецький планетарій — вул. Артема, 165, 83000 Донецьк, Україна; filipov@skif.net.

4. Київський планетарій — вул. Велика Васильківська, 57/3, 03150 Київ, Україна; sky@znannya.org.ua.

5. Одеський університетський планетарій — парк ім. Т. Г. Шевченка, 65014 Одеса, Україна; astro@te.net.ua.

6. Харківський планетарій ім. льотчика-космонавта Ю. О. Гагаріна — пров. Кравцова, 15, 61003 Харків, Україна; planeta@igrocom.com.ua.

7. Херсонський планетарій — вул. Комунарів, 14, 73025 Херсон, Україна.

## Корисні адреси у мережі Інтернет

1. Американська асоціація спостерігачів змінних зірок (AAVSO) — http://www.aavso.org.
2. Американська асоціація спостерігачів Місяця та планет (ALPO) — http://www.lpl.arizona.edu/alpo.
3. Американське метеорне товариство (AMS) — http://www.amsmeteors.org.
4. Астрономічна картинка доби — http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod.
5. Астрономічна обсерваторія КНУ ім. Т. Г. Шевченка — http://www.observ.univ.kiev.ua.
6. Бердянське товариство аматорів астрономії «Оріон» — http://www.astro-brd.narod.ru.
7. ГАО НАН України — http://www.mao.kiev.ua.
8. ГАО РАН (Пулковська обсерваторія) — http://www.gao.spb.ru.
9. Державний астрономічний інститут ім. П. К. Штернберга при МДУ (ДАІШ) — http://www.sai.msu.ru.
10. Європейське астрономічне товариство — http://www.eap.fr/eas.
11. Журнал «Вселенная. Пространство. Время» — http://www.vselennaya.kiev.ua.
12. Журнал «Звездочет» — http://www.astronomy.ru.
13. Журнал Astronomy — http://www.astronomy.com.
14. Журнал Sky&Telescope — http://www.SkyandTelescope.com.
15. Загальна астрономічна конференція — http://www.starlab.ru.
16. Зображення з телескопа імені Хаббла — http://oposite.stsci.edu/pubinfo/subject.html.
17. Інститут астрономії РАН — http://www.inasan.rssi.ru.
18. Кримська спеціальна астрофізична обсерваторія — http://www.crao.crimea.ua.
19. Міжнародна метеорна організація (IMO) — http://www.imo.net
20. Міжнародна організація спостерігачів покриттів (IOTA) — http://www.occultations.org.
21. Міжнародний астрономічний союз — http://www.iau.org.
22. Міжнародний кометний журнал (ICQ) — http://cfa-www.harvard.edu/icq/icq.html.
23. Місії до Марса — http://www.jpl.nasa.gov/marsnews.
24. Московський астрономічний клуб — http://www.astroclub.ru.
25. Найсвіжіші спостереження комет — http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/icq/CometMags.html.
26. Національна космічна агенція України — http://www.nkau.gov.ua.
27. Національний космічний банк даних (NSSDC) — http://nssdc.gsfc.nasa.gov.
28. НДІ «Астрономічна обсерваторія» ОНУ ім. І. І. Мечникова — http://www.astronomy.odessa.ua.
29. НДІ астрономії при ХНУ ім. В. Н. Каразіна — http://www-astron.univer.kharkov.ua.

30. Популярний інформаційний сайт з астрономії — http://www.astronomer.ru.
31. Російська космічна агенція — http://www.rka.ru.
32. Сімферопольське товариство аматорів астрономії — http://www.cris.net.ua.
33. Сонячна та геліосферична обсерваторія NASA (SOHO) — http://sohowww.nascom.nasa.gov.
34. Сторінка затемнень Фреда Еспенака — http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclispe.html.
35. Сторінка проекту Cassini — http://saturn.jpl.nasa.gov.
36. Сторінка проекту Galileo — http://www.jpl.nasa.gov/galileo.
37. Сторінка проекту Mars Pathfinder — http://fly.hiway.net/~lperry.
38. Сторінка проекту Voyager — http://vraptor.jpl.nasa.gov/voyager.
39. Українська астрономічна асоціація — http://www.uaa.astronomy.org.ua.
40. Фестиваль «Астрофест» — http://www.astrofest.ru.
41. Французька асоціація спостерігачів змінних зірок (AFOEV) — http://cdsarc.u-strasbg.fr/afoev.
42. Харківське товариство аматорів астрономії (ХТАА) — http://www.ukrastro.org.
43. Центр малих планет МАС (MPC) — http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html.
44. Центральне бюро астрономічних телеграм (CBAT) — http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.
45. Циркуляри МАС (IAUC) — http://cfa—www.harvard.edu/iauc/RecentIAUCs.html.
46. Японська мережа спостерігачів змінних зірок (VSNET) — http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp.
47. Science@NASA — http://www.science.nasa.gov.

# Зміст